C. D. U. 624.159.11

DIMENSIONAMENTO DE FUNDAÇÕES DE MÁQUINAS

V

PROPAGAÇÃO DE VIBRAÇÕES. EFEITOS SOBRE AS ESTRUTURAS

por ARTUR RAVARA

Estagiário para especialista da Divisão de Mecânica Aplicada do Laboratório Nacional de Engenharia Civil

(Conclusão)

RESUMO

Este artigo encerra uma série, cuja publicação se iniciou no n.º 352 da revista «Técnica», subordinada ao título geral: «Dimensionamento de Fundações de Máquinas».

A referida série compreende cinco artigos em que se procura focar os principais problemas decorrentes do projecto de fundações de máquinas sujeitas a solicitações em regime dinâmico.

Assim, depois de um 1.º artigo em que se fez uma recapitulação sumária de alguns elementos de Mecânica dos Solos e da Teoria das Vibrações aplicada a um bloco rígido assente sobre um meio elástico, analisam-se no 2.º, 3.º e 4.º artigos os efeitos dinâmicos, sobre o solo, devidos ao funcionamento de máquinas alternativas, de percussão e rotativas de alta velocidade.

No presente artigo apresentam-se alguns aspectos fundamentais da teoria de propagação das ondas em meios elásticos, homogéneos e heterogéneos, nos aspectos qualitativo e quantitativo.

Particulariza-se a teoria para o caso de vibrações provocadas por forças concentradas e distribuídas, actuando à superfície do solo ou a pequena profundidade, como sucede na maioria das instalações industriais.

Os resultados obtidos por via analítica são criticados em face de valores experimentais.

Finalmente, caracterizam-se os principais tipos de vibração transmitidos às estruturas e indicam-se os métodos mais correntes utilizados na respectiva protecção

SYNOPSIS

The present article is the last of a series entitled «Design of machine foundations» that has been published in «Técnica» since no. 352.

This series comprises five articles where the main problems involved in the design of foundations subjected to dynamic loads are presented.

Thus in the first article some aspects of Soil Mechanics and Theory of Vibrations applied to a rigid block resting upon an elastic medium are briefly summed up.

Articles number two, three and four concern dynamics of foundations for reciprocating machinery, forge hammers and high speed rotative machinery such as turbogenerators.

In this article attention is called to some aspects of propagation of elastic waves in soil. Vibrations due to concentrated and distributed forces are analised. These forces are considered to act at the soil surface or at a certain depth, as currently happens in industrial plants.

Analytical results obtained are compared with the experimental ones.

Finally the most current types of vibration sources are classified; transmission to nearby structures is briefly discussed and some pratical means of limiting vibrations are indicated.

1 — VALIDADE DE APLICAÇÃO DA TEORIA DE PROPAGAÇÃO DAS ONDAS EM MEIOS ELÁSTICOS AOS SOLOS

Conforme se acentuou no 1.º artigo desta série, a aplicação da lei de Hooke aos solos envolve várias aproximações, dado que as constantes elásticas destes dependem das tensões, aplicadas ou interiores.

Por outro lado, as propriedades dissipativas dos solos afectam consideràvelmente todos os fenómenos de propagação ondulatória.

Finalmente, a análise destes fenómenos só torna possível se se adoptar um modelo muito simplificado, tanto para representar os solos, ou seja, um meio elástico, homogéneo, isótropo e semi-indefinido ou indefinido, como para representar a fonte das ondas, que reduzimos a forças concentradas ou distribuídas, actuando sobre uma porção limitada do solo.

Devido às simplificações apontadas, os resultados obtidos por meio de análise matemática devem ser cuidadosamente controlados pela experimentação. Permitem no entanto concluir sobre:

— influência de uma camada descontínua de solo na propagação das ondas;

— dispersão, ou seja, relação entre o comprimento de onda e a respectiva velocidade de propagação;

— amplitude das vibrações verticais do solo devidas a solicitações verticais;

— relação entre a amplitude e a distância à fonte de perturbação, desde que se entre em linha de conta com a absorção de energia pelo solo.

Os resultados teóricos não são válidos, estando em contradição com os experimentais, nos seguintes aspectos:

— as órbitas descritas pelas partículas *da superfície do solo* desviam-se frequentemente da forma elíptica e a inclinação dos eixos é variável com a distância à fonte de perturbações (em face da teoria, as órbitas são sempre elípticas, com um eixo normal à superfície do solo);

— a amplitude de vibração das componentes horizontais (longitudinais) à superfície do solo, devida a solicitações verticais, varia com a distância à fonte de perturbações segundo uma lei muito mais complexa que a prevista pelos resultados teóricos.

2 — ONDAS ELÁSTICAS NUM MEIO SÓLIDO INDEFINIDO

2.1 — Ondas longitudinais e transversais

Considerando o solo como um meio homogéneo, isótropo e elástico, as equações de propagação ondulatória no seu interior serão:

$$(\lambda + \mu)\frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu\nabla^2 u + X = \rho\frac{\partial^2 u}{\partial t^2}$$

$$(\lambda + \mu)\frac{\partial \Delta}{\partial y} + \mu\nabla^2 v + Y = \rho\frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \qquad (1)$$

$$(\lambda + \mu)\frac{\partial \Delta}{\partial z} + \mu\nabla^2 w + Z = \rho\frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$$

sendo:

u, v, w — componentes do deslocamento elástico segundo os eixos x, y, z.

Δ — coeficiente de dilatação volumétrica

$$\Delta = \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z}$$

Δ^2 — laplaceano, ou seja:

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial \lambda^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$$

ρ — massa específica do solo

X, Y, Z — componentes das forças de massa (aplicadas a elementos de volume)

λ, μ — constantes de Lamé, dadas por:

$$\lambda = \frac{\nu}{(1+\nu)\,(1-2\nu)}\,E$$

$$\mu = \frac{1}{2\,(1+\nu)\,E} = G \qquad (2)$$

E — módulo do Young

ν — coeficiente de Poison

G — módulo de elasticidade transversal

A influência das forças de massa é desprezável, tal como em problemas estáticos.

Se considerarmos o solo como um meio elástico semi-indefinido, propagam-se 2 espécies de ondas, pelo que o deslocamento de qualquer ponto do solo é dado por:

$$u = u_1 + u_2;\ v = v_1 + v_2;\ w = w_1 + w_2$$

Estas componentes satisfazem às condições:

$$\frac{\partial w_1}{\partial y} - \frac{\partial v_1}{\partial z} = o;\ \frac{\partial u_1}{\partial z} - \frac{\partial w_1}{\partial x} = o;\ \frac{\partial v_1}{\partial x} - \frac{\partial u_1}{\partial y} = o \qquad (3)$$

admitindo u_1, v_1, w_1 uma função potencial φ, ou seja:

$$u_1 = \frac{\partial \varphi}{\partial x};\ v_1 = \frac{\partial \varphi}{\partial y};\ w_1 = \frac{\partial \varphi}{\partial z} \qquad (4)$$

Por outro lado, é:

$$\Delta_2 = \frac{\partial u_2}{\partial x} + \frac{\partial v_2}{\partial y} + \frac{\partial w_2}{\partial z} = o \qquad (5)$$

As componentes do deslocamento resultante são pois:

$$u = \frac{\partial \varphi}{\partial x} + u_2;\ v = \frac{\partial \varphi}{\partial y} + v_2;\ w = \frac{\partial \varphi}{\partial z} + w_2 \qquad (5.a)$$

Substituindo estes valores em (1), obtém-se:

$$\frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = a^2\nabla^2\varphi \qquad (6)$$

$$\frac{\partial^2 u_2}{\partial t^2} = b^2 \nabla^2 u_2$$

$$\frac{\partial^2 w_2}{\partial t^2} = b^2 \nabla^2 w_2 \qquad (7)$$

$$a^2 = \frac{\lambda + 2\mu}{\rho} \qquad (8)$$

$$b^2 = \frac{\mu}{\rho} \qquad (9)$$

As equações (6) e (7) diferem apenas nos coeficientes de Δ^2.

Sendo o rotacional de u_1, v_1, w_1 nulo, pela eq. (3), a respectiva onda propaga-se sem deformações transversais, acompanhada por variações volumétricas de valor:

$$\Delta_1 = \nabla^2 \varphi$$

É portanto uma onda de compressão e expansão.

Na propagação da onda de componentes u_2 v_2, w_2, não há variação de volume, como se vê na equação (5), sofrendo as partículas do solo apenas deslocamentos relativos segundo os 3 eixos, dados por:

$$\omega_x = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial w_2}{\partial y} - \frac{\partial v_2}{\partial z}\right); \omega_y = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_2}{\partial z} - \frac{\partial w_2}{\partial x}\right);$$

$$\omega_z = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_2}{\partial y} - \frac{\partial v_2}{\partial x}\right)$$

As ondas de compressão e expansão chama-se *longitudinais*, por o deslocamento do solo ser paralelo à direcção de propagação; às ondas de corte chama-se *transversais* por os movimentos do solo serem normais à direcção de propagação.

As equações (6) e (7) são independentes, pelo que as respectivas ondas são independentes também. Quer dizer: Uma perturbação que conduza ùnicamente a alterações de volume sem deformações de corte dá origem apenas a ondas longitudinais; se a perturbação der origem a um movimento inicial do solo segundo componentes de deslocamento transversais (deslizamentos), formam-se apenas ondas transversais.

2.2. — Velocidade de propagação das ondas longitudinais e transversais

O integral das equações (6) ou (7) é da forma

$$\frac{1}{r} F\left(t - \frac{r}{c}\right)$$

sendo:

r — raio vector do ponto em estudo

F — função arbitrária que satisfaz determinadas condições iniciais e de fronteira.

c — velocidade de propagação das ondas; em ondas longitudinais, $c = a$; em ondas transversais, $c = b$.

A partir das equações (2), (8) e (9), obtém-se fàcilmente:

$$a = \sqrt{\frac{(1-\nu)\,E}{(1+\nu)\,(1-2\nu)\rho}} \qquad (10)$$

$$b = \sqrt{\frac{E}{2\,(1+\nu)\rho}} \qquad (11)$$

A relação entre as velocidades das ondas de compressão e de corte, que dependem só das características elásticas e da densidade do solo, tem o valor:

$$\frac{a}{b} = \sqrt{\frac{2\,(1-\nu)}{(1-2\nu)}} > 1 \qquad (12)$$

dependendo pois ùnicamente do coeficiente de Poisson. Como este coeficiente é menor nas areias que nas argilas e a diferença das velocidades é-lhe directamente proporcional, o valor relativo da velocidade das ondas de compressão é menor nas areias que nas argilas.

Apresenta-se no quadro 1 [2] uma série de valores de velocidade de propagação de ondas longitudinais e transversais, para diferentes solos.

2.3 — Propagação de ondas devidas a uma explosão subterrânea

No caso de explosões subterrâneas, como por exemplo em minas, o deslocamento de qualquer ponto do solo é determinado pela propagação das respectivas ondas.

Neste caso, a zona de perturbação tem a forma esférica, com deslocamentos tangenciais desprezáveis em relação aos radiais. As condições aos limites serão pois, para $r = r_0$:

$$u = f(t)\frac{x}{r}; \; v = f(t)\frac{y}{r}; \; w = f(t)\frac{z}{r} \qquad (13)$$

Só se propagam portanto ondas longitudinais, para as quais é, como sabemos:

$$\varphi = \frac{1}{r} F\left(t - \frac{r}{a}\right) \qquad (14)$$

QUADRO I

Velocidade de propagação em diversos tipos de solo

Solo	ρ, kg. seg^2. cm^{-4}	a, m. seg^{-1}	b, m. seg^{-1}
Argila saturada	$1{,}8 \times 10^{-6}$	1.500	150
Loess, areolas ocorrentes	$1{,}67 \times 10^{-6}$	800	260
Areia com saibro (densa)	$1{,}70 \times 10^{-6}$	480	250
Areia fina	$1{,}65 \times 10^{-6}$	300	110
Areia média	$1{,}65 \times 10^{-6}$	550	160
Saibro médio	$1{,}8 \times 10^{-6}$	750	180

Como a resultante do deslocamento radial é

$$u_r = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2}$$

será, de acordo com a equação (14)

$$u_r = -\frac{1}{r^2}\left[\frac{r}{a}\cdot\frac{\partial F\left(t-\frac{r}{a}\right)}{\partial t} + F\left(t-\frac{r}{a}\right)\right] \quad (15)$$

Para determinar a função F, utilizando as condições (13) podemos escrever:

$$u_r = f(t)$$

Fazendo $r = r_o$ na equação (15) obtém-se:

$$\frac{r_o}{a}\cdot\frac{\partial F\left(t-\frac{r_o}{a}\right)}{\partial t} + F\left(t-\frac{r_o}{a}\right) = -r_o^2\, f(t) \quad (16)$$

ou:

$$\frac{r_o}{a}\,\frac{\partial F(t_1)}{\partial t_1} + F(t_1) = -r_o^2\, f\left(t_1 + \frac{2}{a}\right) \quad (17)$$

sendo:

$$t_1 = t - \frac{r_o}{a}$$

A solução da equação 17 (equação de Bernouilli) é:

$$F = e^{-at_1/r_o}\left[C - r_o a\int_o^{t_1} f\left(t_1 + \frac{r_o}{a}\right) e^{at_1/r_o} dt_1\right] \quad (18)$$

O deslocamento na zona de perturbação devido à explosão pode ser expresso por

$$f(t) = \alpha\, t e^{-\beta t} \quad (19)$$

dependendo os valores de α e β das características da carga explosiva. Como no instante inicial o deslocamento é nulo, $C = O$.

Substituindo o valor de f (t) na equação (18) e integrando, obtém-se finalmente:

$$F(t) = \frac{r_o^2\, a\, \alpha}{\beta r_o - a}\left(t + \frac{r_o}{\beta r_o - a}\right) e^{-\beta t} \quad (20)$$

De acordo com a equação (15), o deslocamento a uma distância $r > at$ do centro da explosão será:

$$u_r = -\frac{r_o^2 a\alpha}{r^2(\beta r_o - a)}\left\{\frac{r}{a}\left[1 - \left(t - \frac{r}{a} - \frac{r_o}{r_o - a}\right)\beta\right] + t - \frac{z}{a}\,\frac{r_o}{\beta r_o - a}\right\} e^{-\beta(t - r/a)} \quad (21)$$

Em face desta expressão, verifica-se que a pequenas distâncias do foco da explosão a amplitude dos deslocamentos varia na razão inversa do quadrado da distância; para distâncias maiores, varia na razão inversa da distância.

Torna-se necessário determinar as dimensões da zona de perturbação e as constantes α e β, o que se faz por via experimental.

3 — PROPAGAÇÃO DE ONDAS SUPERFICIAIS

3.1 — Deslocamentos do solo devido à propagação de ondas causadas por uma força vertical distribuida ao longo de uma linha

Na maioria dos casos, os focos da propagação de vibrações estão à superfície do solo, tornando-se de especial interesse o estudo da propagação das ondas perto da superfície do solo. Vamos então considerar o caso de ser.

$$w = 0\,;\ \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\partial v}{\partial z} = 0$$

sendo a orientação dos eixos a indicada na fig. 1

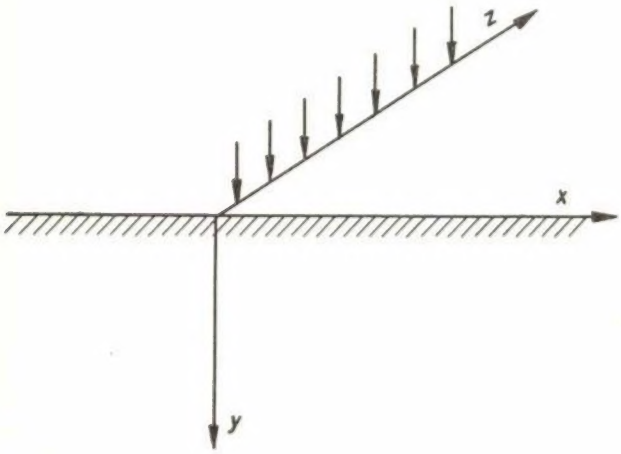


Fig. 1 — Força distribuída ao longo do eixo zz, referida em 3.1

Desprezando a acção das forças de massa, as equações de propagação reduzem-se a:

$$\begin{aligned} (\lambda + \mu)\frac{\partial \Delta}{\partial x} + \mu \nabla^2 u &= \rho \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} \\ (\lambda + \mu)\frac{\partial \Delta}{\partial y} + \mu \nabla^2 v &= \rho \frac{\partial^2 v}{\partial t^2} \end{aligned} \qquad (22)$$

Consideremos a solução geral dada por:

$$\begin{aligned} u &= \frac{\partial \Phi^*}{\partial x} + \frac{\partial \Psi^*}{\partial y} \\ v &= \frac{\partial \Phi^*}{\partial y} - \frac{\partial \Psi^*}{\partial x} \end{aligned} \qquad (23)$$

sendo Φ^* e Ψ^* funções analíticas.

No interior do solo é sempre $y > 0$. Se a frequência das ondas, estacionárias, for w, será:

$$\begin{aligned} \Phi^* &= e^{iwt}\,\Phi\,(x, y) \\ \Psi^* &= e^{iwt}\,\Psi\,(x, y) \end{aligned} \qquad (24)$$

Deverá ser então:

$$\begin{aligned} (\nabla^2 + h^2)\,\Phi &= 0 \\ (\nabla^2 + k^2)\,\Psi &= 0 \end{aligned} \qquad (25)$$

sendo:

$$h = \frac{w}{a}\,;\ k = \frac{w}{b} \qquad (26)$$

como

$$w = \frac{2\pi}{T}$$

será

$$h = \frac{2\pi}{aT}\,;\ k = \frac{2\pi}{bT}$$

Mas aT e bT representam o cumprimento das ondas longitudinais e transversais, pelo que $k > h$.

As eq. (25) admitem as soluções particulares:

$$\begin{aligned} \Phi &= Ae^{-\alpha y}\,e^{i\xi x} \\ \Psi &= Be^{-\beta y}\,e^{i\xi x} \end{aligned} \qquad (27)$$

$$\begin{aligned} \alpha^2 &= \xi^2 - h^2 \\ \beta^2 &= \xi^2 - k^2 \end{aligned} \qquad (28)$$

sendo A, B e ξ constantes dadas pelas condições aos limites.

Suponhamos que o plano limite $y = 0$ é sujeito à acção de forças normais exteriores uniformemente distribuídas sobre ele. Estas forças conduzem a tensões normais de valor:

$$\sigma_y = \sigma_0\,e^{i\xi x} \qquad (29)$$

Consideramos nulas as tensões tangenciais, ou seja

$$\tau_{xy} = 0 \qquad (30)$$

Estas tensões podem ser expressas por:

$$\begin{aligned} \frac{\tau_{xy}}{\mu} &= 2\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x\,\partial y} - k^2\psi - 2\frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} \\ \frac{\sigma_y}{\mu} &= -k^2\Phi - 2\frac{\partial^2 \Phi}{\partial x^2} - 2\frac{\partial^2 \psi}{\partial x\,\partial y} \end{aligned} \qquad (31)$$

Substituindo no 2.º membro destas equações as expressões Φ e ψ dadas pelas eq. (27) para $y = 0$, obtém-se as expressões de A e B:

$$A = \frac{2\xi^2 - k^2}{F(\xi)} \cdot \frac{\sigma_0}{\mu}$$
$$B = \frac{2i\xi\alpha}{F(\xi)} \cdot \frac{\sigma_0}{\mu} \qquad (32)$$

sendo:

$$F(\xi) = (2\xi^2 - k)^2 - 4\xi^2\alpha\beta \qquad (33)$$

A partir das equações (23), (27) obtém-se:

$$u = i\xi \frac{(2\xi^2 - h^2)\, e^{-\alpha y} - 2\alpha\beta\, e^{-\beta y}}{F(\xi)} e^{i\xi x} \cdot \frac{\sigma_0}{\mu}$$
$$v = \alpha \frac{-(2\xi^2 - k^2)\, e^{-\alpha y} + 2\xi^2 e^{-\beta y}}{F(\xi)} e^{i\xi x} \cdot \frac{\sigma_0}{\mu} \qquad (34)$$

Para transformar a carga uniformemente distribuída sobre a superfície em carga actuante ao longo da linha $x = 0$, $y = 0$ (fig. 1), fazemos:

$$\sigma_0 = -P \frac{d\xi}{2\pi}$$

Substituindo esta expressão nas equações (34) e integrando em relação a ξ de $-\infty$ a $+\infty$ obtém-se para valor dos deslocamentos u e v:

$$u = \frac{iP}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{+\infty} \xi \frac{[(2\xi^2 - k^2)\, e^{-\alpha y} - 2\alpha\beta\, e^{-\beta y}]\, e^{i\xi x}}{F(\xi)} d\xi \qquad (35)$$

$$v = -\frac{P}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{+\infty} \alpha \frac{[-(2\xi^2 - k^2)\, e^{-\alpha y} + 2\xi^2 e^{-\beta y}[e^{i\xi x}}{F(\xi)} d\xi \qquad (35)$$

3.2 — Velocidade de propagação das ondas superficiais

Quando as vibrações são devidas a um deslocamento inicial sem actuação de qualquer força, geram-se ondas livres de superfície.
Sendo neste caso

$$\sigma_0 = 0$$

as equações que determinam o valor de A e B são:

$$-2i\xi\alpha A + (2\xi^2 - k^2) B = 0$$
$$(2\xi^2 - k^2) A + 2i\xi\beta B = 0 \qquad (36)$$

Para que o sistema tenha soluções não nulas, deverá ser

$$F(\xi) = 0$$

Em vez desta equação, que contém expressões irracionais, consideremos a seguinte:

$$F(\xi)\, f(\xi) = (2\xi^2 - k^2)^4 - 16(\xi^2 - h^2)(\xi^2 - k^2)\xi^4 =$$
$$= k^8 \left[1 - 8\frac{\xi^2}{k^2} + \left(24 - 16\frac{h^2}{k^2}\right)\frac{\xi^4}{k^4} - \right.$$
$$\left. - 16\left(1 - \frac{h^2}{k^2}\right)\frac{\xi^6}{k^6} \right] = 0 \qquad (37)$$

Como $k > h$, uma das raízes da eq. (37) está compreendida entre 1 e $+\infty$. Demonstra-se que as outras duas quando são reais, estão compreendidas entre o e h^2/k^2.

A primeira raiz corresponde a valores positivos de α e β, pelo que não satisfaz a condição $f(\xi) = o$. As outras duas não satisfazem a $F(\xi) = o$. Esta equação só tem uma raíz > 1 ($\xi^2 = x^2$). Portanto, $x^2 > k^2$.

Se for $\nu = 0{,}5$ (coeficiente de Poison), a raiz real da equação (37) é

$$\frac{x}{k} = 1{,}04678$$

Para $\nu = 0{,}25$, são reais todas as raízes da equação (37) e têm os valores

$$\frac{x^2}{k^2} = \begin{cases} 1/4 \\ 1/4\,(3 - \sqrt{3}) \\ 1/4\,(3 + \sqrt{3}) \end{cases}$$

Só uma satisfaz às condições do problema:

$$\frac{x}{k} = \frac{1}{2}\sqrt{3 + \sqrt{3}} = 1{,}087664\ldots$$

De um modo análogo às equações (26) seja:

$$x = \frac{w}{c}$$

sendo c a velocidade de propagação das ondas em estudo; é então

$$c = \frac{k}{x} b$$

ou seja, para:

$$\nu = 0{,}5 \quad c = 0{,}9553b$$
$$\nu = 0{,}25 \quad c = 0{,}9194b$$

A velocidade de propagação das ondas de superfície é inferior portanto à das ondas transversais.

3.3 — Deslocamentos superficiais resultantes da propagação de ondas geradas por carga vertical concentrada, P

Consideremos novamente as equações (35). No caso geral, para $y > o$, é muito difícil levantar a indeterminação devida a certos valores da função F (para $\xi = \pm x$). Consideremos apenas pontos à superfície, onde $y = o$. Para estes é:

$$u_o = \frac{iP}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{\xi\,(2\xi^2 - k^2 - 2\alpha\beta)\, e^{i\xi x}}{F(\xi)}\, d\xi$$

$$v_o = -\frac{P}{2\pi\mu} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{k^2 \alpha\, e^{i\xi x}}{F(\xi)}\, d\xi \qquad (38)$$

A integração conduz aos resultados:

$$u_o = -\frac{P}{\mu} H_o\, e^{iwt - x\varkappa} + S_u$$

$$v_o = -i\,\frac{P}{\mu} K_o\, e^{iwt - x\varkappa} + S_v \qquad (39)$$

sendo:

$$H_o = \frac{-x\,(2x^2 - k^2 - 2\alpha_1\beta_1)}{F'(x)}; \quad K_o = -\frac{\alpha_1 k^2}{F'(x)} \qquad (40)$$

$$\alpha_1^2 = x^2 - h^2;\ \beta_1^2 = x^2 - k^2;\ F'(x) = \left.\frac{dF(\xi)}{d\xi}\right|_{\xi = x} \qquad (41)$$

Para valores grandes de kx e $h\varkappa$, as expressões de S_u e S_v tomam a forma:

$$S_u = \frac{P}{\mu}\sqrt{\frac{2}{\pi}}\sqrt{1 - \frac{h^2}{k^2}}\,\frac{e^{i(wt - kx - \frac{\pi}{4})}}{(kx)^{3/2}} - \frac{P}{\pi}\sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{h^3 k^2 \sqrt{k^2 - h^2}}{(k^2 - h^2)^3} \cdot \frac{i\, e^{i(wt - hx - \pi/4)}}{(hx)^{3/2}} + \ldots \qquad (42)$$

$$S_v = \frac{2P}{\mu}\sqrt{\frac{2}{\pi}}\left(1 - \frac{h^2}{k^2}\right)\frac{i\, e^{i(wt - kx - \pi/4)}}{(kx)^{3/2}} + \frac{P}{2\mu}\sqrt{\frac{2}{\pi}} \cdot \frac{h^2 k^2}{(k^2 - h)^2} - \frac{i\, e^{i(wt - kx - \pi/4)}}{(kx)^{3/2}} + \ldots$$

As equações (42) mostram que se propaga neste caso não uma, mas uma série de ondas, cuja velocidade de propagação é igual à das ondas longitudinais, transversais e de superfície. A amplitude das ondas de superfície (1.º termo do 2.º membro das equações 39) não varia com a distância ao foco. Como a amplitude das ondas adicionais, de velocidades a e b, decresce ràpidamente com a distância ao foco, a partir de certa distância é lícito considerar só as ondas de superfície.

Aquelas amplitudes não são sempre decrescentes devido a fenómenos de interferência no foco; apresentam máximos e mínimos que se atenuam com a distância ao foco.

3.4 — Variação de amplitudes das ondas de superfície com a profundidade

Se o valor de x não for muito pequeno, despreza-se o trem de ondas S_u e S_v. De acordo com as eq. (23) e (27) será, substituindo x por $-x$:

$$u = (-ixAe^{-\alpha_1 y} - \beta_1 Be^{-\beta_1 y})\, e^{ix\varkappa}$$

$$v = (-\alpha_1 Ae^{-\alpha_1 y} + ixBe^{-\beta_1 i})\, e^{ix\varkappa} \qquad (43)$$

$$\alpha_1^2 = x^2 - h^2;\ \beta_1^2 = x^2 - k^2$$

Fazendo $y = o$, será:

$$u_o = (-ixA - \beta_1 B)\, e^{ix\varkappa}$$

$$v_o = (-\alpha_1 A + ixB)\, e^{ix\varkappa} \qquad (44)$$

Igualando o 2.º membro das eq. (39) e (44) e desprezando S_u e S_v obtém-se as equações que dão os valores de A e B correspondentes a ondas de superfície:

$$ixA + \beta_1 = \frac{P}{\mu} H_o$$

$$A - ixB = i\,\frac{P}{\mu} K_o$$

ou seja:

$$A = i\,\frac{xH_o + \beta_1 K_o}{\alpha_1\beta_1 + x^2} \cdot \frac{P}{\mu}$$

$$B = \frac{\alpha_1 H_o + x K_o}{\alpha_1\beta_1 - x^2} \cdot \frac{P}{\mu}$$

A partir destes valores, obtém-se finalmente:

$$u = \left[x \frac{x H_o + \beta_1 K_o}{\alpha_1 \beta_1 - x^2} e^{-\alpha_1 y} - \right.$$

$$\left. -\beta_1 \frac{\alpha_1 H_o + x K_o}{\alpha_1 \beta_1 - x^2} e^{-\beta_1 y} \right] . \frac{P}{\mu} \cos (wt - x z) \quad (45)$$

$$v = \left[-\alpha_1 \frac{x H_o + \beta_1 K_o}{\alpha_1 \beta_1 - x^2} e^{-\alpha_1 y} + \right.$$

$$\left. + x \frac{\alpha_1 H_o + x K_o}{\alpha_1 \beta_1 - x^2} e^{-\beta_1 y} \right] . \frac{P}{\mu} \operatorname{sen} (wt - x z)$$

Estas expressões indicam que, para ondas de superfície, a órbita das partículas do solo é uma elipse cujos eixos coincidem com os eixos coordenados. A relação entre a amplitude horizontal e vertical depende de profundidade.

Para ilustrar a variação de amplitude com a profundidade, segue-se uma aplicação numérica para 2 valores do coeficiente de Poisson, para os quais o quadro 2 indica o valor dos vários coeficientes contidos nas eq. (45).

Obtém-se então:

Para $\nu = 0{,}50$:

$$u = \left(-0{,}1298\, e^{-\frac{2\pi y}{Lc}} + \right.$$

$$\left. + 0{,}0706\, e^{-\frac{(0{,}2958)\, 2\pi y}{Lc}} \right) \frac{P}{\mu} \quad (46)$$

$$v = (0{,}1298\, e^{-2\pi y/Lc} -$$

$$- 0{,}2387\, e^{-(0{,}2958)\, 2\pi y/Lc)} \frac{P}{\mu}$$

Para $\nu = 0{,}25$:

$$u = \left(-0{,}2958\, e^{-(0{,}8474)\, 2\pi y\, Lc} + \right.$$

$$\left. + 0{,}1707\, e^{-(0{,}3933)\, 2\pi y/Lc)} \right) \frac{P}{\mu} \quad (47)$$

$$v = (0{,}2507\, e^{-(0{,}8474)\, 2\pi y/Lc} -$$

$$- 0{,}4341\, e^{-(0{,}3933)\, 2\pi y/Lc)} \frac{P}{\mu} \quad (47)$$

sendo L_c o comprimento de onda.

A fig. 2 indica os valores de u e v para $\nu = 0{,}5$ e $P/\mu = 1$.

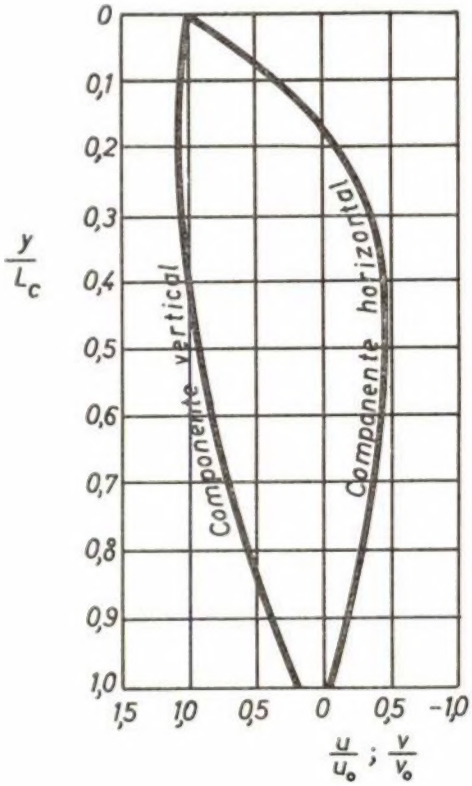


Fig. 2 — Variação da amplitude com a profundidade referida em 3.4

QUADRO 2

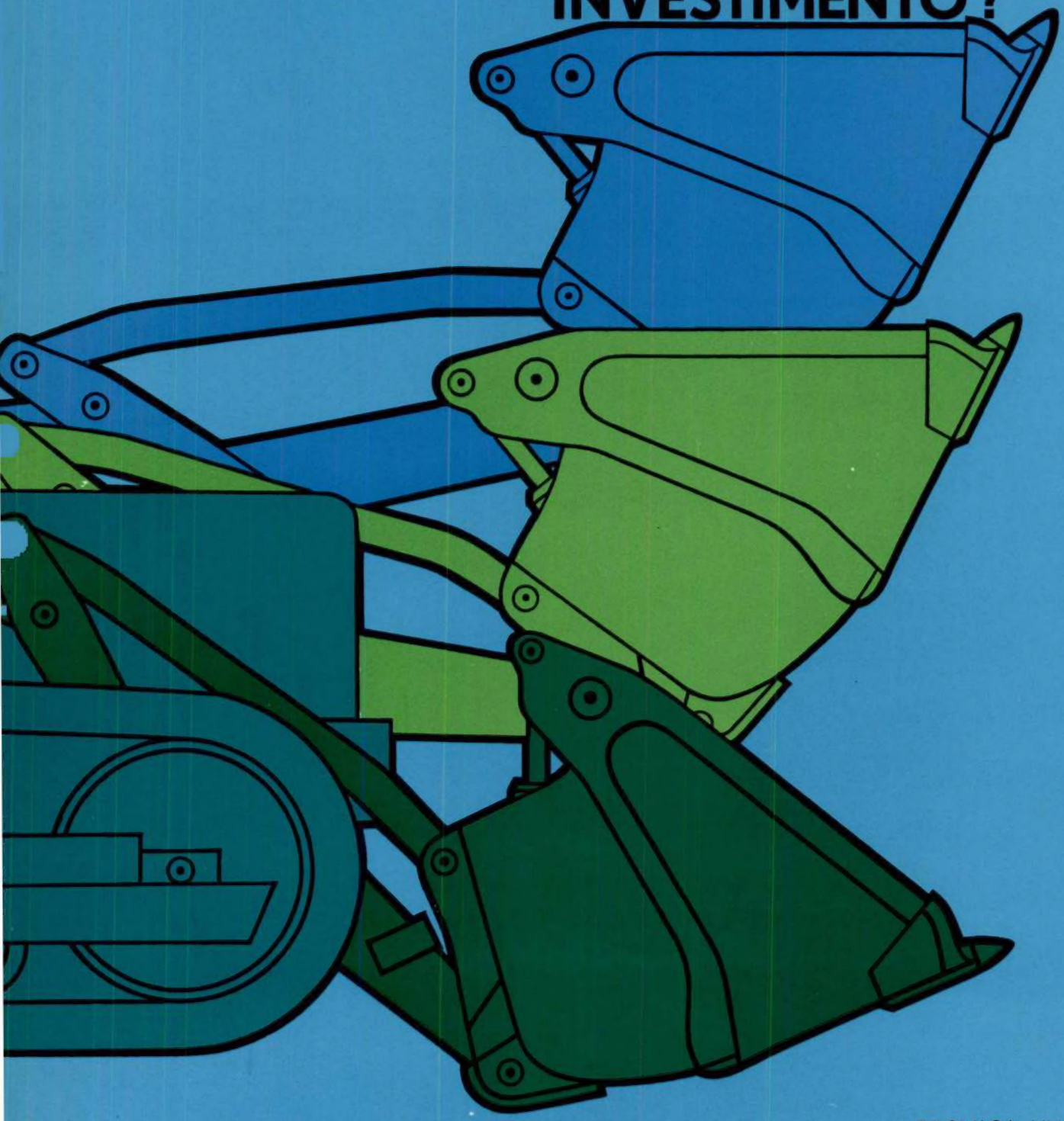
Coeficientes das equações (45)

Coeficiente de Poisson ν	E	λ	$\frac{a}{b}$	$\frac{h^2}{k^2}$	H_o	K_o	α_1	β_1	$\frac{xH_o - \beta K_o}{\alpha_1\beta_1 - x^2}$	$\frac{\alpha_1 H_o + xK_o}{\alpha_1\beta_1 - x^2}$
0,50	3,0	∞	∞	0	0,05921	0,10890	x	0,2958x	$\frac{-0{,}1298}{x}$	$\frac{-0{,}2387}{x}$
0,25	2,5	μ	$\sqrt{3}$	1/3	0,12500	0,18349	0,8474x	0,3933x	$\frac{-0{,}2958}{x}$	$\frac{-0{,}4342}{x}$

Verifica-se que a amplitude da componente vertical das ondas aumenta com a profundidade, atingindo o valor máximo para $y = 0{,}2\ L_c$; a partir daí decresce, atingindo para $y = 0{,}35\ L_c$ um valor semelhante ao da superfície (v_o).

PÁS CARREGADORAS DE RASTO

COMPRA OU INVESTIMENTO?



TECNICA XXI

PRODUTIVIDADE... SEGURANÇA... VERSATILIDADE... JUSTIFICAM

Um investimento em pás carregadoras de rasto CATERPILLAR

É relativamente fácil prometer bons lucro num investimento em pás carregadoras. O compradores que escolhem Caterpillar vêem mais que uma folha de especificações, qu a pintura ainda fresca duma máquina nova ou os resultados duma demonstração. Ele escolhem os «Traxcavators» Caterpillar po serem os mais rentáveis da sua classe, con siderando factos concretos.

Factos tais como: *Produtividade* Caterpillar que reduz os tempos dos ciclos de opera ção e os custos de produção.

Segurança Caterpillar, repetidamente de monstrada pela grande eficácia do material *Versatilidade* Caterpillar: a mais completa linha de baldes e de acessórios.

Estas são algumas das razões que justificam um **investimento** em Pás Mecânicas de Rasto Caterpillar — investimento em concepção, em qualidade de material e em robustez de construção.

A SUA PRÓXIMA PÁ CARREGADORA SERÁ MERAMENTE UMA COMPRA OU ANTES UM INVESTIMENTO SEGURO ?

CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS

A produtividade dos «Traxcavators» começa no motor Diesel Caterpillar. Compactos e poderosos, os motores Caterpillar são também económicos. Dotados de um sistema de combustível isento de afinações, podem usar os combustíveis mais baratos, mantendo pleno rendimento.

A Suspensão e os Rastos, de grande duração, proporcionam baixos custos de manutenção. Os «Rastos Vedados» evitam a entrada de poeiras abrasivas para as cavilhas e casquilhos, reduzindo o desgaste destas peças de 20 a 30%. Os «Roletes de Lubrificação Permanente» e as rodas de guia não necessitam de cuidados de conservação até à altura de serem reconstruídos.

O Dispositivo Automático de Fixação do Balde é de concepção simples e de manobra fácil. A elevação do balde e a inclinação para trás são correctamente fixadas sem a atenção do operador, permitindo a utilização de toda a velocidade e maneabilidade da carregadora.

Uma vasta linha de baldes e acessórios confere a cada máquina o máximo de versatilidade: baldes para «todos os fins» com capacidades desde 0,76 até 2,5 m³, baldes de descarga lateral, baldes para pedreiras, baldes para rocha e para escórias, garfos para madeiras, lâminas de «Bulldozer» e escarificadores. Todos estes equipamentos contribuem para facilitar a adaptação das máquinas aos mais diversos trabalhos.

CARACTERÍSTICAS DAS 933 E 951

Embraiagem Caterpillar em banho de óleo, eliminando perdas de tempo e de produção, ocasionadas por ajustes frequentes da embraiagem e substituições de discos. A experiência diz que esses ajustes, no sistema de embraiagem em banho de óleo, são feitos ao fim de 2.000 horas de trabalho.

A alavanca de inversão rápida do sentido de marcha, aumenta a eficiência do operador, que pode mudar de velocidade ou inverter a marcha **instantâneamente** e acelera os ciclos de operação

CARACTERÍSTICAS DAS 955H E 977H

Transmissão Servo-comandada Caterpillar com conversor de binário e engrenagens planetárias combinadas para permitirem resposta imediata e suave, ajustando constantemente a potência do motor à carga.

Motor Turbo-alimentado, desenvolvendo potência suficiente para impulsionar a máquina na sua marcha e para accionar os comandos hidráulicos do balde.

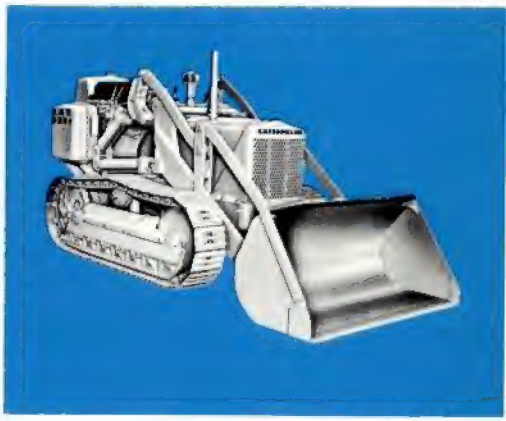
Quatro carregadoras diferentes- um padrão de qualidade idêntico

977 Série H
Potência — ao volante
(Motor turbo-alimentado) ..... 150 HP
Capacidade dos baldes
(9 modelos) ..... 1,34 m³ a 2,48 m³
Transmissão ..... Servo-comandada
Velocidades — 4 para a frente ..... até 7,6 km/h
— 4 para trás ..... até 9,2 km/h
Peso (aproximado) ..... 17.280 kg

955 Série H
Potência — ao volante
(Motor turbo-alimentado) ..... 100 HP
Capacidade dos baldes
(9 modelos) ..... 0,76 m³ a 1,82 m³
Transmissão ..... Servo-comandada
Velocidades — 4 para a trente ..... até 7,7 km/h
— 4 para trás ..... até 10 km/h
Peso (aproximado) ..... 11.550 kg

951
Potência — ao volante
(Motor turbo-alimentado) ..... 70 HP
Capacidade dos baldes
(4 modelos) ..... 1,14 m³
Transmissão
Directa com embraiagem em banho de óleo
Velocidades — 5 para a frente ... 2,57 a 9 km/h
— 5 para trás ..... 2 a 10,61 km/h
Peso (aproximado) ..... 10.340 kg

933 Série F
Potência — ao volante ..... 50 HP
Capacidade dos baldes
(5 modelos) ..... de 0,86 a 1,15 m³
Transmissão
Directa com embraiagem em banho de óleo
Velocidades — 4 para a frente ... 2,4 a 8,9 km/h
— 4 para trás ..... 3,1 a 10,9 km/h
Peso (aproximado) ..... 7.793 kg



A qualidade duma máquina, por melhor que seja, não dispensa uma boa organização de assistência após-venda. As pás mecânicas de rasto CATERPILLAR necessitam de um mínimo de assistência mas, quando isso acontece, o Cliente tem ao seu dispor um vasto «stock» de peças e assistência imediata por mecânicos especializados e todo o apoio da Organização S. T. E. T.

CATERPILLAR

Caterpillar, Cat e Traxcavator são marcas registadas de Caterpillar Tractor Co.

S.T.E.T.

SOCIEDADE TÉCNICA DE EQUIPAMENTOS E TRACTORES, S. A. R. L.

PRIOR VELHO — SACAVÉM

TECNICA XXIV **Telef. 251 0001-2-3-4** **Teleg. "STETRA"**

P-0865-114

Portanto pode considerar-se o seu valor como sensìvelmente constante até à profundidade $y = 0{,}4\,L_c$; a partir daí, decresce ràpidamente.

As amplitudes horizontais variam de modo diferente: decrescem ràpidamente até à profundidade de $0{,}15\,L_c$; a partir daí, aumentam até à profundidade de $0{,}45\,L_c$, para decrescerem novamente com o aumento de profundidade.

3.4.1. — Comparação entre os resultados teóricos e experimentais

Os resultados teóricos referidos aplicam-se aos casos em que se despreza o espectro adicional, por a distância ao foco ser superior ao comprimento de onda. A pequenas distâncias do foco, a distribuição das amplitudes com a profundidade afasta-se sensìvelmente da deduzida por via analítica.

Por outro lado, a fonte de perturbação difere do esquema simplificado adoptado (carga vertical concentrada), do que resulta também um certo erro.

Barkan [2] realizou uma série de ensaios, utilizando vibradores mecânicos sinusoidais e máquinas de diversos tipos, assentes sobre as respectivas fundações em solos de características variadas, tendo verificado o seguinte:

— as amplitudes dos deslocamentos no solo são muito maiores quando as fundações estão embebidas no terreno do que quando estão apenas apoiadas;

— os resultados teóricos aproximam-se dos experimentais;

— até pequenas profundidades, da ordem de 0,2 a 0,5 L_c, as amplitudes de vibração mantêm-se sensìvelmente constantes. Em face do exposto, ressalta a inutilidade de aumentar a profundidade das fundações dos edifícios adjacentes aos focos de vibração (máquinas) a não ser muito para além dos limites indicados o que, como via de regra, não é económico.

Esta última conclusão é de grande importância prática, como é óbvio.

4. PROPAGAÇÃO, À SUPERFÍCIE DO SOLO, DE ONDAS DEVIDAS A CARGAS VERTICAIS SINUSOIDAIS, CONCENTRADAS, ACTUANDO À SUPERFÍCIE DO SOLO.

4.1 — Equações gerais de deslocamento

Adoptamos um sistema de coordenadas cilíndricas, com a origem à superfície do solo. Será então:

$$x = r \cos \Theta;\ y = r \operatorname{sen} \Theta;\ z = z$$

Sendo: q — deslocamento segundo a direcção do raio vector

q_o — deslocamento à superfície, segundo a direcção do raio vector

w_o — deslocamento vertical à superfície

demonstra-se que é:

$$q_o = \frac{P}{2\pi\mu}\int_0^\infty \frac{\xi^2(2\xi^2 - k^2 - 2\alpha\beta)}{F(\xi)} J_1(\xi r)\, d\xi \quad (48)$$

$$w_o = -\frac{P}{2\pi\mu}\int_0^\infty \frac{k^2 \xi \alpha}{F(\xi)} J_0(\xi r)\, d\xi \quad (49)$$

sendo:

$P\, e^{iwt}$ — solicitação sinusoidal de frequência w

J_0 — função de Bessel de ordem zero

J_1 — função de Bessel de 1.ª ordem

e adoptando-se, nos restantes símbolos, a notação empregada até aqui.

4.2 — Deslocamentos a pequena distância da fonte de vibrações

Para uma solicitação vertical P sen wt, interessa-nos especialmente a componente vertical dos deslocamentos, ou seja w_o. Consideramos então ser pequeno o valor $\rho = kr$.

Obtém-se, por meio de uma integração extremamente trabalhosa, os seguintes resultados: [2]

$$w_o = -A_o\, \psi(\rho) \operatorname{sen}(wt - \gamma)$$
$$A_o = \frac{Pw}{b\mu} \quad (50)$$

sendo a função $\psi(\rho)$ dada, para vários valores do coeficiente de Poisson, pelo diagrama da fig. 3; γ representa uma desfasagem, sem grande interesse prático, pelo que não se apresenta a respectiva fórmula e obedecendo os restantes símbolos à notação já conhecida.

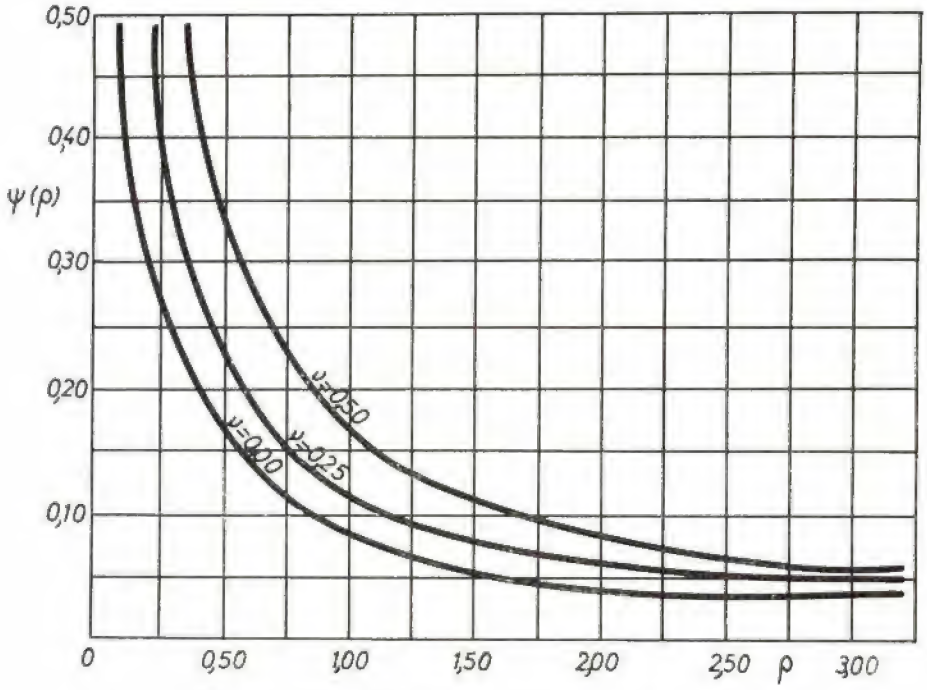


Fig. 3 — Valor da função ψ (ρ), referida na equação (50)

4.3. — Deslocamentos a grande distância da fonte de vibrações

Obtém-se neste caso [2] os seguintes resultados:

$$q_0 = -\frac{x P}{2\mu} H_0 \sqrt{\frac{2}{\pi x r}} \operatorname{sen}\left(wt - x r - \frac{x \pi}{4}\right) \quad (51)$$

$$w_0 = \frac{x P}{2\mu} K_0 \sqrt{\frac{2}{\pi x r}} \cos\left(wt - x r - \frac{\pi}{4}\right) \quad (52)$$

sendo K_0 e H_0 dados pela equação (40).

Estas equações mostram que a órbita das partículas do solo é um elipse na qual a relação entre os eixos é K_0/H_0.

Igualando as amplitudes calculadas pelas equações (50) e (52), obtemos a distância ao foco das partículas para as quais é indiferente o emprego das equações (50) ou (52).

Obtém-se pois neste caso:

$$\psi(\rho)\sqrt{\rho} = K_0 \sqrt{\frac{2}{\pi}} \quad (53)$$

Para: $\nu = 0{,}50$, vem $K_0 = 0{,}109$, ou seja:

$$\psi(\rho)\sqrt{\rho} = 8{,}7 \times 10^{-2}$$

Utilizando o diagrama da fig. 3, obtém-se, este caso:

$$\rho = \frac{2\pi}{L_c} r = 1$$

Portanto, para $r = r_0 = L_c/2\pi$, se for $\nu = 0{,}50$, as equações (50) e (52) fornecem o mesmo resultado para a amplitude da componente vertical das vibraçoees. Para $r > r_0$, a amplitude deve ser calculada pela equação (52); para $r < r_0$, pela equação (50).

A equação (53) permite determinar, para qualquer valor de ν, a distância de transição, r_0.

4.4. — Comparação entre os resultados teóricos e experimentais

Barkan [2] realizou uma série de determinações experimentais sobre terrenos de vários tipos, nomeadamente areias saturadas de água. Utilizou como fonte de vibrações uma fundação com $1 m^2$ de base, excitada por solicitações sinusoidais verticais com várias frequências. Sendo a área reduzida, considerou a solicitação como concentrada. A medição, por meio de oscilógrafos, da amplitude das vibrações no terreno permitiu-lhe tirar as seguintes conclusões:

a) *Órbitas das partículas*

Diferem consideràvelmente das estabelecidas por via analítica, sobretudo a pequena distância do foco de vibração, onde a forma de elipse chega a ser substituída pela de 8. Com o au-

mento de distância ao foco, a órbita aproxima-se da elipse embora a inclinação dos eixos não seja a prevista teòricamente.

As disparidades apontadas devem-se fundamentalmente a duas causas:

— ocorrência do espectro adicional que acompanha as ondas de superfície, com influência considerável a pequenas distâncias do foco;

— absorção de energia pelo solo, especialmente a distâncias consideráveis do foco. Este ponto é detalhado em d).

b) *Amplitudes a pequena distância do foco*

Verifica-se uma concordância entre resultados teóricos e experimentais muito satisfatória (para vibrações verticais).

c) *Amplitudes a grande distância do foco*

De acordo com as eq. (51) e (52) a variação da amplitude dos deslocamentos, A, com a distância ao foco, r, é dada por:

$$A_r = A_0 \sqrt{\frac{r_0}{r}} \qquad (54)$$

Verifica-se porém que a amplitude decresce com a distância mais ràpidamente do que o previsto por esta equação. Este facto é devido à absorção de energia pelo solo. Para o ter em conta, a eq. (54) deve ser substituída por:

$$A_r = A_0 \sqrt{\frac{r_0}{r}}\, e^{-\alpha (r - r_0)} \qquad (55)$$

sendo α — coeficiente de aborção de energia, expresso em m^{-1} ou cm^{-1}.

Se o solo fosse um meio perfeitamente elástico, seria $\alpha = 0$.

d) *Absorção de energia pelo solo*

Sem apresentar em detalhe a respectiva teoria, vejamos as principais conclusões, correntemente aceites hoje em dia, sobre a influência da viscosidade no amortecimento, velocidade de propagação e energia, de ondas tri-dimensionais e de superfície.

Seja:

α — coeficiente de amortecimento, dependente da distância ao foco;

v — velocidade de propagação das ondas num meio viscoso;

a, b — velocidades de propagação das ondas longitudinais e transversais num meio perfeitamente elástico;

$\eta' = \eta/\rho$ — viscosidade cinemática do meio;

η — coeficiente de viscosidade;

ρ — densidade do meio;

w — frequência da onda.

Se se considerar o meio como incompressível e de pequena viscosidade, obtém-se:

Para ondas longitudinais:

$$v = a\,; \quad \alpha_a = \frac{4\,\eta'\,w^2}{3\,a^3}$$

Para ondas transversais:

$$v = b\,; \quad \alpha_b = \frac{\eta'\,w^2}{b^3}$$

Para ondas de superfície:

$$v = c \qquad \alpha_c = \alpha_b$$

Sendo portanto:

$$\frac{\alpha_a}{\alpha_b} = \frac{4\,b^3}{3\,a^3}$$

Como normalmente nos solos é $3a^3/4 > b^3$, o amortecimento das ondas longitudinais é menor que o das ondas transversais e de superfície.

Por outro lado, como os coeficientes de amortecimento são proporcionais ao quadrado de frequência das ondas, as solicitações devidas a máquinas de alta frequência são amortecidas em tempo muito inferior às de baixa frequência.

Na realidade, o coeficiente de amortecimento é pouco sensível às variações de frequência produzidas pelas máquinas correntes. Apresenta-se no quadro 3 valores médios obtidos por Barkan em diferentes tipos de solos.

e) *Amplitude da componente horizontal dos deslocamentos*

Verifica-se grande afastamento entre resultados teóricos e experimentais, sendo a variação da amplitude com a distância muito irregular.

O mesmo sucede para a componente vertical desde que a solicitação seja horizontal e não vertical, como a considerámos até aqui.

Esta disparidade deve-se tanto à existência do

QUADRO 3

Valores médios de amortecimento de solos

Tipo de solo	Coeficientes de amortecimento, m^{-1}
Areia amarela fina saturada de água	0,100
Areia amarela fina saturada de água gelada	0,060
Areia cinzenta saturada de água, com silto orgânico e turfa	0,040
Areias argilosas misturadas, com silte, e argilas com areia e silte, acima do nível freático	0,040
Argilas castanhas densas, saturadas de água com silte e pouca areia	0,040 - 0,120
Gredas	0,100
Loess, areolas	0,100

espectro adicional, como à absorção de energia pelo solo.

5 — PROPAGAÇÃO DE ONDAS SUPERFICIAIS DEVIDAS A SOLICITAÇÕES VERTICAIS SUPERFICIAIS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS

Seja a distância r do ponto em estudo ao foco muito grande em relação ao comprimento de onda. A influência do espectro adicional pode então ser desprezada.

Seja a solicitação actuante uma pressão p uniformemente distribuída sobre uma superfície circular de raio R.

Sobre cada elemento de área actua então a força.

$$p\,s\,ds\,d\varphi$$

empregando-se o sistema de eixos indicado na fig. 4.

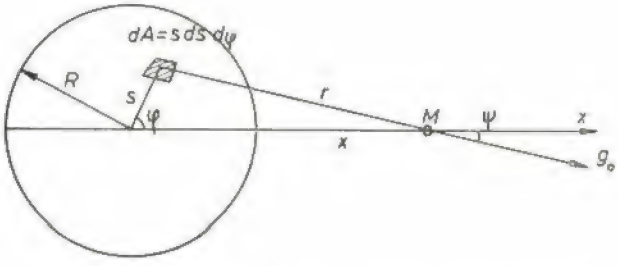


Fig. 4 — Foco de base circular, referido em 5

As componentes de deslocamento à superfície do solo à distância r de aplicação da força concentrada elementar têm o valor

$$w_0 = A\,D_0\,(x\,r)\,p\,s\,ds\,d\varphi$$
$$g_0 = B\,D_1\,(x\,r)\,p\,s\,ds\,d\varphi \qquad (56)$$

sendo:

$$A = \frac{x}{2\mu}\,K_0\,e^{iwt}$$

$$B = \frac{x}{2\mu}\,H_0\,e^{iwt}$$

$$D_0\,(x\,r) = -Y_0\,(x\,r) - J_0\,(x\,r)$$
$$D_1\,(x\,r) = -Y_1\,(x\,r) - i\,J_1\,(x\,r)$$

J_0 — função de Bessel de ordem zero de 1.ª espécie.

J_1 — função de Bessel de ordem 1 de 1.ª espécie.

Y_0 — função de Bessel de ordem zero de 2.ª espécie.

Y_1 — função de Bessel de ordem 1 de 2.ª espécie

e obedecendo os restantes símbolos a notação já referida.

Ora, da figura 4, verifica-se ser:

$$r = \sqrt{x^2 + s^2 - 2\,x\,s\cos\varphi}$$
$$x - s\cos\varphi = r\cos\psi \qquad (57)$$

A componente horizontal do deslocamento segundo o eixo x é

$$u_o = q_o \cos \psi$$

O valor do deslocamento no ponto M é então:

$$\begin{aligned} w_o &= \int_o^{2\pi}\int_o^R Ap\, D_o\,(x\,r)\; s\; ds\, d\varphi \\ u_o &= \int_o^{2\pi}\int_o^R Bp\, D_1\,(xr) \cos \psi s\; dsd\psi \end{aligned} \qquad (58)$$

Integrando 2 vezes obtém-se [2]

$$\begin{aligned} w_o &= 2\pi\, Ap\, D_o\,(x\,\varkappa)\; \frac{R\, J_1\,(xR)}{x^2} \\ u_o &= 2\pi\, Bp\, D_1\,(x\,\varkappa)\; \frac{x\,R\, J_1\,(x\,R)}{x^2} \end{aligned} \qquad (59)$$

Comparando as equações obtidas com as eq. (51) e (52) verifica-se que a relação entre a amplitude e a distância ao foco é do mesmo tipo nos casos de força concentrada ou distribuída.

Para cada valor de p a amplitude é muito sensível à área do foco.

Consideremos os 2 casos seguintes:

5.1 — Fundação de máquinas de baixas frequência

O comprimento de onda L_c é grande; considerando as dimensões da base da fundação pequenas em relação a L_c, o valor $x\,R$ é pequeno. Obtém-se então para valor das amplitudes:

$$\begin{aligned} w_o &= Ap\; D_o\,(x\,\varkappa)\; A_1 \\ u_o &= Bp\; D_1\,(x\,\varkappa)\; A_1 \end{aligned} \qquad (60)$$

sendo A_1 a área da base da fundação.

Portanto neste caso a amplitude dos deslocamentos é proporcional à área da base da fundação.

5.2 — Fundação de maquinas de alta frequência

No caso de turbinas, martelos, etc., o produto $x\,R$ tem um valor elevado. Obtém-se então:

$$\begin{aligned} w_1 &= \frac{Ap\; Do\,(x\,\varkappa)}{2} \sqrt{2\pi\, x\, R}\; \text{sen}\left(x\,R - \frac{\pi}{4}\right) \\ u_o &= \frac{Bp\; D1\,(x\,\varkappa)}{2} \sqrt{2\pi\, x\, R}\; \text{sen}\left(x\,R - \frac{\pi}{4}\right) \end{aligned} \qquad (61)$$

Portanto, à medida que R aumenta, as amplitudes passam por uma série de valores máximos e mínimos. Os valores máximos correspondem a

$$\text{sen}\left(x\,R - \frac{\pi}{4}\right) = \pm 1$$

ou seja, para:

$$x\,R - \frac{\pi}{4} = \frac{2n+1}{2}\,\pi \qquad n = 1,\ 2,\ 3,\ \ldots$$

ou quando:

$$\frac{R}{L_c} = \frac{2n+3}{8}$$

A amplitude é nula em todos os pontos da superfície do solo quando for:

$$\text{sen}\left(x\,R - \frac{\pi}{4}\right) = o$$

ou seja:

$$\frac{R}{L_c} = \frac{2n+1}{8}$$

5.3 — Relação entre a amplitude e a frequência

Verifica-se que a curva amplitude — frequência forçada tem vários máximos, o que se deve a fenómenos de interferência e ressonância. Vejamos qual a relação teórica entre a amplitude da componente vertical dos deslocamentos e a frequência forçada da solicitação (sinusoidal). Obtém-se, a partir da eq. (59), desde que o ponto em estudo esteja distante do foco:

$$w_o = a\, \frac{J_1\,(x\,R)}{\sqrt{x}}$$

em que: (62)

$$a = -\frac{K_o\, p}{\mu}\, R \sqrt{\frac{2\pi}{x}}$$

Portanto a variação da amplitude com a frequência não é monotónica, mas apresenta máximos e mínimos. Há uma certa disparidade entre as relações teóricas e experimentais devida, como se disse, a fenómenos de interferência provocados pela não homogeneidade do solo.

É muito importante o cálculo da componente vertical dos deslocamentos produzidos por solicitações verticais. O seu valor, A_w, é dado por:

$$A_w = \frac{\pi p\; R\, K_o}{\mu}\, J_1\,(xR) \sqrt{\frac{2}{\pi x x}} \qquad (63)$$

desde o valor de xx seja elevado, sendo o valor J_1 (xR) dado por tabelas de funções de Bessel.

5.4 — Aplicação numérica

Cálculo das amplitudes da componente vertical do deslocamento do solo devido ao funcionamento de um martelo-pilão.

a) *Dados:*

— A fundação é constituída por um bloco maciço;

— área da base da fundação: $A = 65{,}6 m^2$;

— coeficiente da compressão elástica uniforme do solo [1] $C_u = 6{,}0 \times 10^3$ ton/m³;

— amplitude das vibrações verticais da fundação: $A_z = 0{,}85 \times 10^{-3} m$

— frequência própria das vibrações verticais da fundação: $w = 70 \text{ seg}^{-1}$;

— velocidade de propagação das ondas transversais: $b = 100$ m/seg.

— módulo de elasticidade transversal do solo: $\mu = G = 17 \times 10^3$ ton/m²;

b) *Cálculos:*

O raio do círculo equivalente à base da fundação é:

$$R = \sqrt{\frac{A}{\pi}} = 4{,}46 \text{ m}$$

O coeficiente x será:

$$x = \frac{w}{c} = \frac{w}{b} = \frac{70}{100} = 0{,}7$$

$$x\,R = 0{,}7 \times 4{,}46 = 3{,}13$$

Das tabelas das funções de Bessel, vem:

$$J_1\,(x\,R) = 0{,}30$$

A pressão dinâmica sobre o solo será:

$$P = C_u\,A_z = 6 \times 10^3 \times 0{,}85 \times 10^{-3} = 5{,}1 \text{ ton/m}^2$$

Adotemos para valor de K_o a média aritmética dos valores correspondentes a $\nu = 0{,}25$ e $\nu = 0{,}50$, ou seja:

$$K_o = \frac{0{,}108 + 0{,}183}{2} = 0{,}145$$

Substituindo os valores determinados na equação (63) obtêm-se:

$$A = \frac{3{,}14 \times 5{,}10 \times 4{,}46 \times 0{,}145}{1{,}7 \times 10^3} \times$$

$$\times\, 0{,}30 \sqrt{\frac{2}{3{,}14 \times 0{,}7x}} = 1{,}79 \times 10^{-3} \sqrt{\frac{1}{x}}$$

Conforme se referiu em 4.4.4, a pequenas distâncias de foco a absorção de energia pelo solo é pequena; pode pois ser desprezada para valores pequenos de $x > R$. Por exemplo, se fizermos $x = 6$ m, a amplitude vertical será de 0,73 mm. Adoptando este valor para amplitude inicial A_o, determinamos a partir da equação (55) as amplitudes a distâncias $r > r_o$. Se for $\alpha = 0{,}04 \text{ m}^{-1}$ o valor do coeficiente da absorção de energia, será:

$$A_r = \frac{1{,}79 \times 10^{-3}}{\sqrt{r}}\, e^{-0{,}04\,(r-6)} \text{ (metros)}$$

Verifica-se que os resultados obtidos por este processo têm valores muito aproximados dos experimentais.

Em resumo: calcula-se o valor da amplitude vertical num ponto próximo do foco, desprezando a absorção de energia; calcula-se em seguida a amplitude noutro ponto qualquer afastado do foco, entrando em linha de conta com a absorção de energia.

6. PROPAGAÇÃO DE ONDAS SUPERFICIAIS DEVIDAS A SOLICITAÇÕES VERTICAIS UNIFORMEMENTE DISTRIBUÍDAS, ACTUANDO A CERTA PROFUNDIDADE

6.1 — Equações de deslocamento

Normalmente a base das fundações das máquinas, através da qual se transmitem as vibrações, dispõe-se a certa profundidade. Daí, o interesse do presente capítulo.

Seja então uma fonte de vibrações constituída por uma solicitação vertical P actuando à profundidade f, devido à qual se produzem vibrações de frequência w. Seja um sistema de coordenadas em que o eixo vertical é zz.

Demonstra-se [2] que o deslocamento do solo à superfície tem componentes horizontal e vertical, respectivamente do valor:

$$q_o = \frac{P}{2\pi\mu} \int_0^\infty \frac{\xi^2\,[(2\xi^2 - k^2)\,e^{-\beta f} - 2\,\alpha\beta\,e^{-\alpha f}]\,J_1(\xi r)\,d\xi}{F(\xi)} \tag{64}$$

$$w_o = -\frac{P}{2\pi\mu} \int_0^\infty \frac{\alpha\xi\,[2\xi^2\,e^{-\beta f} - (2\xi^2 - k^2)\,e^{-\alpha f}]\,J_o(\xi r)\,d\xi}{F(\xi)} \tag{65}$$

adoptando-se em todos os símbolos a notação empregada até aqui.

Para $f = o$, as eq. (64) e (65) coincidem com as eq. (48) e (49).

Para valores grandes de r, a integração conduz aos seguintes resultados:

$$q_o = -\frac{x\,P}{2\,\mu} H_f\, D_1\,(x\,r)\, e^{iwt} \qquad (66)$$

$$w_o = \frac{P}{2\,\mu} K_f\, D_o\,(x\,r)\, e^{iwt} \qquad (67)$$

sendo:

$$H_f = -\frac{x}{F'(x)}\,(2x^2 - k^2)\; e^{-\beta_1 f} - 2\,\alpha_1\,\beta_1\, e^{-\alpha_1 f}$$

$$K_f = \frac{\alpha_1}{F'(x)}\,(2x^2 - k^2)\; e^{-\alpha_1 f} - 2\,x^2\, e^{-\beta_1 f} \qquad (68)$$

Para $f = o$, $H_f = H_o$ e $K_f = K_o$ e as eq. (66) e (67) transformam-se nas eq. (51) e (52).

6.2 — Comparação entre resultados teóricos e experimentais

Barkan verificou o seguinte:

— Há concordância muito satisfatória para a variação de amplitude vertical dos deslocamentos com a distância ao foco, ou seja, a eq. (67) fornece bons resultados para uma dada profundidade f, desde que se entre em linha de conta com o amortecimento conforme se referiu em 4.4 e 5.3;

— nota-se sensível disparidade no que se refere à componente horizontal, o que se deve especialmente a fenómenos de interferência devidos à não homogeneidade dos solos;

— a variação da amplitude dos deslocamentos superficiais com a profundidade f é mais sensível que a prevista teòricamente; apresenta-se nas figs. 5 e 6 valores médios desta variação, para o caso de fundações simplesmente assentes ou embebidas no solo; sendo A_o e A_f o valor da amplitude para a fundação respectivamente superficial e a profundidade f, verifica-se muito aproximadamente a relação:

$$A_f = A_o\, e^{-(2\pi/L_b)f} \qquad (69)$$

sendo L_b o comprimento das ondas transversais.

Normalmente a profundidade das fundações é tal que a relação f/L_b é sensivelmente inferior à unidade. Por exemplo, para máquinas de baixa frequência (compressores, motores Diesel, etc). a profundidade da fundação geralmente não excede 4 a 5 metros, enquanto que em solos brandos os comprimentos de onda propagadas a partir das fundações estão compreendidas entre 40 a 100 metros; portanto, para máquinas deste tipo, será

$$f/L_b = 0{,}10 \text{ a } 0{,}05$$

$$e^{-2\pi f/L_b} = 0{,}50 \text{ a } 0{,}75$$

Em máquinas de alta frequência (turbinas, martelos, etc.), os comprimentos de onda são menores e a profundidade da fundação é da mesma ordem de grandeza. Para solos brandos, os comprimentos de onda têm valores de 6 a 12 m; é portanto

$$f/L_b = 0{,}3 \text{ a } 0{,}8$$

$$e^{-2\pi f/L_b} = 0{,}15 \text{ a } 0{,}007$$

Portanto, especialmente para vibrações de alta frequência, um pequeno acréscimo na profundidade da fundação tem um efeito apreciável sobre o decréscimo de amplitude de vibração à superfície.

7. INTERSECÇÃO E DIFRACÇÃO DE ONDAS POR MEIO DE «ÉCRANS»

7.1 — Conceitos básicos

Quando as ondas elásticas encontram um obstáculo, tipo «écran», constituído por uma vala, uma camada de terreno compactado, uma barreira de estacas, uma parede embebida no solo, etc., normal à sua direcção de propagação, verifica-se um fenómeno de difracção, cujos aspectos principais são os seguintes:

— a amplitude das ondas atenua-se antes do écran;

— a seguir ao écran forma-se uma «zona de protecção» onde a propagação é muito reduzida, chegando mesmo a anular-se;

— depois desta zona volta a dar-se a propagação ondulatória, verificando-se no limite posterior da zona de protecção uma acentuada descontinuidade na amplitude das ondas;

— com o aumento da distância ao écran, a

Relação entre a amplitude dos deslocamentos e a profundidade da fundação, para vários valores da distância do foco, r

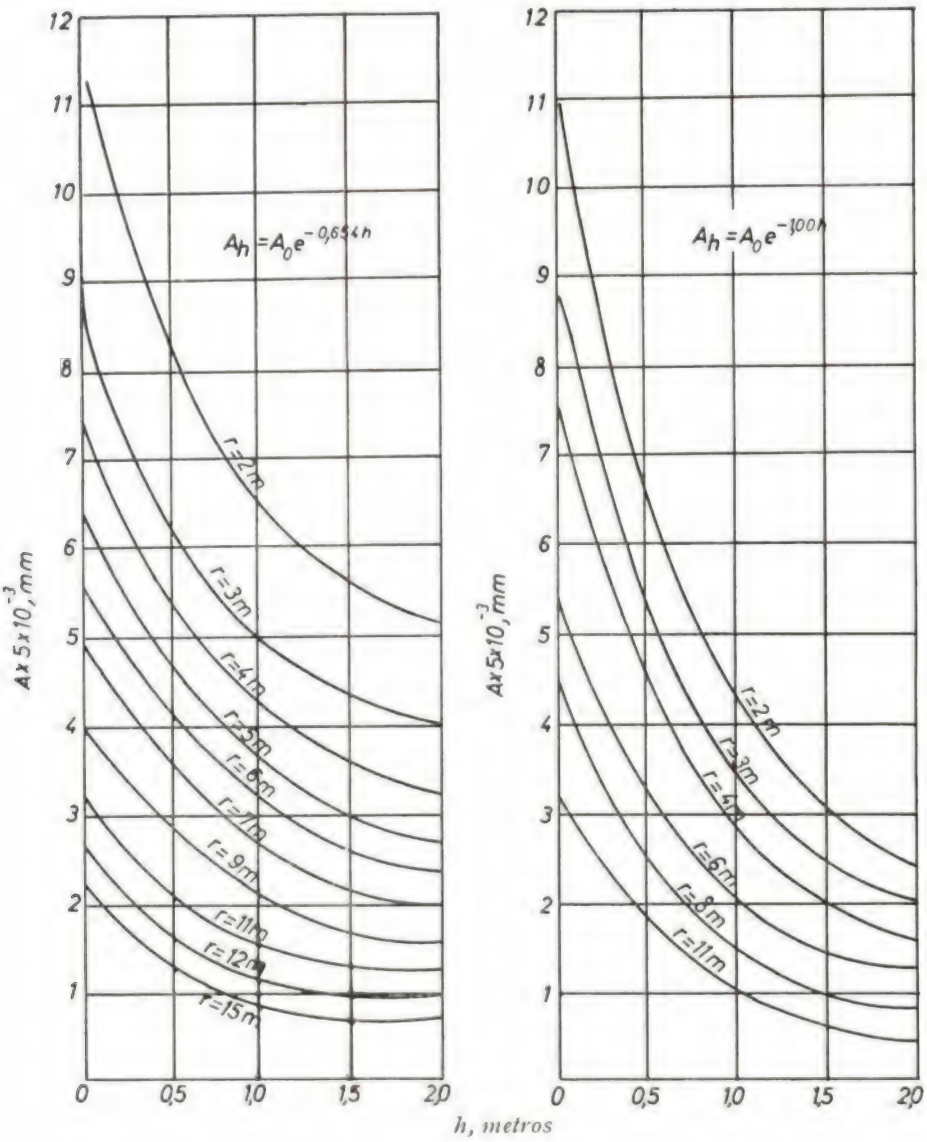


Fig. 5 — Fundação embebida no solo

Fig. 6 — Fundação assente sobre o solo

propagação normaliza-se, tornando as ondas a apresentar as suas características primitivas;

— as dimensões da zona de protecção, tanto em comprimento como em profundidade, dependem fundamentalmente da relação entre as dimensões do écran e o comprimento de onda, aumentando com o acréscimo desta relação.

A quantificação dos fenómenos referidos, por via analítica, não foi ainda efectuada, no caso dos meios sólidos. Apresenta-se nos parágrafos seguintes uma série de resultados obtidos por via experimental [2].

Do exposto ressalta o interesse da limitação e isolamento de vibrações por meio da interposição de écrans entre a fonte perturbadora e as estruturas a proteger.

É de notar que a existência de écrans leva não só à difracção, como à reflexão e dissipação da energia das ondas; no entanto, estes dois fenómenos são de importância secundária em relação à difracção pròpriamente dita.

7.2 — Difracção em solos fortes, com pouca humidade (loess, areolas, arenitos)

Neste tipo de solos, com pouca humidade, torna-se fácil a escavação de uma trincheira. Barkan realizou uma série de ensaios utilizando como fonte de vibrações um bloco de betão armado com 0,81 m^2 de base, accionado por um vibrador mecânico vertical de frequência variável e produzindo, na base da fundação, oscilações verticais de amplitude igual a 0,19 mm.

Os ensaios consistiram na medição de amplitude das oscilações a diversas distâncias da trincheira, aberta a 2 m do vibrador. As condições de ensaio e os respectivos resultados estão indicados no quadro 4.

Em seguida, Barkan realizou uma série de ensaios, cujas condições e resultados se indicam no quadro 5, utilizando não uma trincheira, mas sim uma cortina de estacas e mantendo a mesma fonte de vibrações.

7.3 — Difracção em solos saturados de humidade (areias)

7.3.1 — Ecran constituído por estacaria disposta ao longo de uma recta

Neste tipo de solos não é possível a escavação de uma trincheira, pelo que é necessário o emprego de cortinas de estacas para provocar a difracção de vibrações.

Barkan realizou uma série de ensaios num solo constituído por uma camada de areia densa, saturada, de 8 m de altura, assente sobre silte orgânico sob o qual ocorria outra camada de areia.

Utilizou, como fonte de vibrações, um vi-

QUADRO 4

Fenómenos de difracção em solos fortes (tipo loess, areolas, arenitos) devidos a interposição de uma trincheira

Dimensões da trincheira (m)			Frequência de vibrações (c.p.m)	Resultados
Comprimento	largura	profundidade		
8,0	1,0	0,8	730	não se nota difracção
			930	» » » »
		1,8	730	» » » »
			930	» » » »
		2,5	730	» » » »
			930	» » » »
		4,0	730	» » » »
			810	difracção muito ligeira
			930	» sensível, até cerca de 6 m
			1030	difracção acentuada, até cerca de 10 m
11,0	1,0	4,0	730	difracção ligeira
			810	» sensível até cerca de 7 m
			930	difracção acentuada, até cerca de 12 m
			1030	difracção muito acentuada, até cerca de 15 m da trincheira.

QUADRO 5

Fenómenos de difracção em solos fortes (tipo loess, areolas, arenitos) devidos a interposição de uma cortina de estacas

Dimensões da estacaria (m)		Frequência de vibrações (c. p. m.)	Resultados
Comprimento	Profundidade		
6,0	3,6	730	não se nota difracção
		1030	» » » »
	4,6	730	» » » »
		1030	difracção nítida, até cerca de 11 m da cortina de estacas

brador sinusoidal de frequência variável entre 600 e 2.150 min^{-1}, assente sobre um bloco de betão de $1m^2$ de base. Empregou uma cortina de estacas com 10 m de comprimento e 4 a 5 metros de profundidade, colocada a 2,10 m do eixo da fundação.

A medição da componente vertical e horizontal dos deslocamentos para vibrações verticais e horizontais (longitudinais ou paralelas à cortina de estacas) permitiu-lhe tirar as seguintes conclusões:

Amplitude vertical devida a vibracões verticais:

É neste caso que a difracção é mais eficaz e contínua: verifica-se para valores da frequência superiores a 600 min^{-1}. As dimensões da zona protegida, atrás do écran, aumentam com a frequência. Entre a fonte de vibrações e o écran também há um decréscimo sensível de amplitudes como indica o quadro 6, que se refere a amplitudes medidas a 1 m e 2 m de distância do eixo da fundação.

O quadro 7 relaciona as amplitudes imediatamente atrás da estacaria, medidas antes e depois da cravação desta.

A profundidade da zona onde se faz sentir a difracção aumenta com a frequência, como indica o Quadro 8. Considera-se para limite da zona de protecção os pontos onde a amplitude não excede metade da amplitude inicial, anterior à cravação.

Verifica-se ainda que à zona de protecção se segue outra em que a amplitude não se altera devido ao écran; a essa segue-se uma zona na

QUADRO 6

Difracção entre a fonte de vibrações e o écran

Frequência min^{-1}	Amplitudes à distância r, da fundação (m×200)		Relação entre amplitudes
	r=1,0 m	r=2,0m	
600	7,4	3,6	2,1
810	7,6	4,0	1,9
1.000	8,0	4,1	2,1
1.350	8,5	2,8	3,0
1.620	7,4	4,1	1,8
1.890	3,1	3,1	1,0
2 150	5,0	3,9	1,5

QUADRO 7

Difracção atrás do écran

Frequência min^{-1}	Amplitudes atrás do écran mm × 200		Relação entre amplitudes
	Inicial	Depois da cravação	
600	4,5	2,0	2,2
810	6,5	2,9	2,2
1.000	6,5	2,9	2,2
1.350	4,6	1,5	3,1
1.620	4,6	1,6	2,9
1.890	6,3	1,1	5,7
2.150	7,0	1,1	6,4

QUADRO 8

Profundidade da zona de protecção

Frequência, min^{-1}	Profundidade da zona de protecção, m
600	0,2 — 0,3
810	0,5 — 0,7
1.000	0,5 — 0,7
1.350	2,5 — 2,7
1.620	2,7 — 3,0
1.890	10,0 — 12,0

qual se faz sentir novamente o fenómeno em estudo. A existência das 3 zonas referidas evidencia-se com o aumento de frequência forçada, sendo patente para o valor 2150 m^{-1} e dificilmente reconhecível para os valores inferiores de frequência.

Amplitude horizontal longitudinal devida a vibrações verticais:

O écran tem influência reduzida sobre a componente horizontal que lhe é perpendicular, atenuando-a para certos valores da frequência e aumentando-a para outros. A variação de amplitude é muito irregular.

Amptitude horizontal transversal devida a vibrações verticais:

Neste caso, a influência do écran é limitada à região central, decrescendo ràpidamente para as extremidades.

Amplitudes devidas a vibrações horizontais:

A componente vertical não é afectada pelo fenómeno de difracção, que atenua muito ligeiramente a componente horizontal dos deslocamentos do solo.

7.3.2 — Écran constituido por estacaria a toda a volta da fundação

Utilizando como fonte de vibrações um bloco de betão armado de 2 × 2 m de base actuado por um vibrador sinusoidal vertical, Barkan efectuou uma série de medições de deslocamentos ao longo de um perfil longitudinal com 25 metros de comprimento, à superfície de um solo constituído por areias cinzentas saturadas, misturadas com silte orgânico.

Em seguida, cravou em redor da fundação uma cortina de estacas de madeira com 4 a 5 metros de profundidade, dispostas segundo um quadrado de 3,4 m de lado.

Repetindo as medições anteriores, para frequências de vibração de 600, 800, 1220, 1620, 2000 e 2280 min^{-1}, verificou o seguinte:

Amplitude vertical

Verifica-se nìtidamente o fenómeno de difracção, mesmo para as frequências mais baixas. A variação de amplitude não é monotónica; tem um mínimo logo a seguir à estacaria; apresenta um máximo à distância de 1,5 a 2,5 m do bordo da fundação; decresce novamente, apresentando um mínimo absoluto e relativo, a que se chama *mínimo principal*, cuja distância à fundação é variável com a frequência, conforme se indica no quadro 9:

QUADRO 9

Localização do mínimo principal

Frequência min^{-1}	Distância do mínimo principal à fundação, m
1.220	6,4
1.620	4,4
2.000	3,0
2.280	3,7

A profundidade da zona de protecção, limitada como no caso anterior pelos pontos em que a amplitude depois da cravação não excede metade do valor inicial, é superior ao caso da cortina de estacas linear, como indica o quadro 10:

Para a protecção ser eficaz, a estrutura a proteger não deve distar mais de 10 a 15 m da fonte de vibrações.

Amplitude horizontal

Verifica-se em todos os casos digfracção lieira,

QUADRO 10

Profundidade da zona de protecção

Frequência, min^{-1}	Profundidade da zona de protecção, m
600	1,3
800	10
1.200	A zona de protecção ocupa os 25 m do perfil, excepto na zona de 10 a 12,5 m da fundação.
1.620	A zona de protecção ocupa todo o perfil, excepto de 9 a 10,5 m da fundação.
2.000	idem em relação à região afastada de 1,5 a 2,5 m da fundação, em que a amplitude depois da cravação é dupla da inicial.
2.280	idem em relação à região afastada de 0,5 a 7,0 m da fundação.

sendo a variação da amplitude com a distância à fundação extremamente irregular.

7.4. — Conclusões gerais

O uso indiscriminado de trincheiras ou cortinas de estacas no isolamento de vibrações tem conduzido a uma série de fracassos. É indispensável ter em conta que a difracção só se verifica de modo sensível desde que a relação entre as dimensões do écran, nomeadamente a profundidade e o comprimento de onda, não sejam inferiores a *0,3*.

Apresenta-se no quadro 11 uma série de valores de comprimentos de onda para diversas frequências e velocidades de propagação.

Note-se que a profundidade do écran é contada a partir da base da fundação. Na prática, a profundidade máxima dos écrans não excede 5 m. A partir daí, tornam-se extremamente anti-económicos.

Em face do exposto, conclui-se que vale a pena empregar écrans para frequências iguais ou superiores a 600 min^{-1}, ou seja, para máquinas de alta velocidade.

Em máquinas de percussão, a difracção é eficaz desde que a frequência própria do conjunto máquina-fundação seja elevada.

No caso de vibrações provocadas pelo tráfego, com um espectro descontínuo de frequências, torna-se possível difractar as de valor mais elevado.

Na difracção recorre-se a:

— *trincheiras*: em solos tipo loess e arenitos, compactos;

QUADRO 11

Comprimentos de onda para diversas frequências e velocidades de propagação

Frequência da fonte min^{-1}	Período da onda, seg.	Comprimento de onda, m, para velocidade, em m/seg. de:					Observações
		50	100	200	300	500	
50	1,2	60	120	240	360	600	Máquinas de baixa frequência (Diesel, compressores, motores a gás, etc.)
100	0,6	30	60	120	180	300	
200	0,3	15	30	60	90	150	
300	0,2	10	20	40	60	100	
500	0,12	6	12	24	36	60	
800	0,075	3,75	7,5	15	22,5	37,5	Máquinas de alta frequência (turbodínamos, martelos-pilões, etc.)
1.000	0,060	3,00	6,0	13	18,0	30,0	
1.200	0,050	2,50	5,0	10	15,0	25,0	
1.500	0,040	2,00	4,0	8	12,0	20,0	

CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

PRAÇA DO MUNICÍPIO, 13-3.º — LISBOA 2 • TEL. 36 65 06

SONDAGENS • FUNDAÇÕES
TRABALHOS MARÍTIMOS
PONTES E ESTRUTURAS

LUANDA

Cais acostável com 372 metros de comprimento, em construção

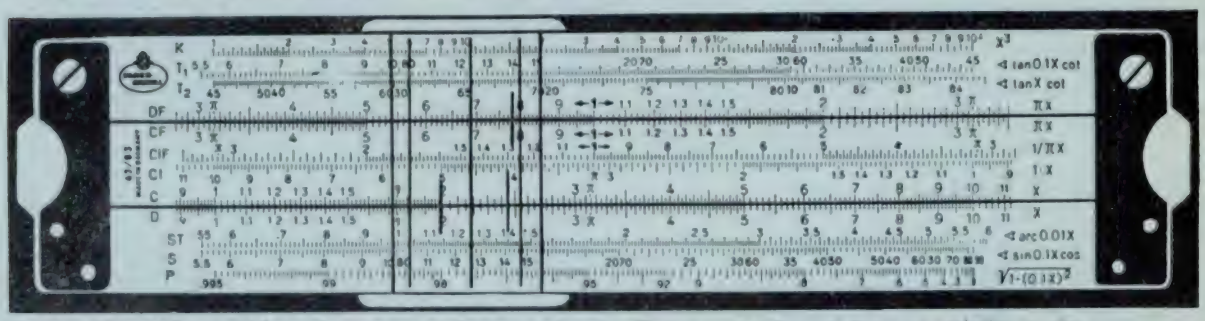
Projecto e execução de CONSTRUÇÕES TÉCNICAS, LDA.

Uma Régua de Cálculo de Bolso (escala de 12,5 cms), na qual se podem fazer múltiplos cálculos com a exactidão de uma régua de 25 cms.

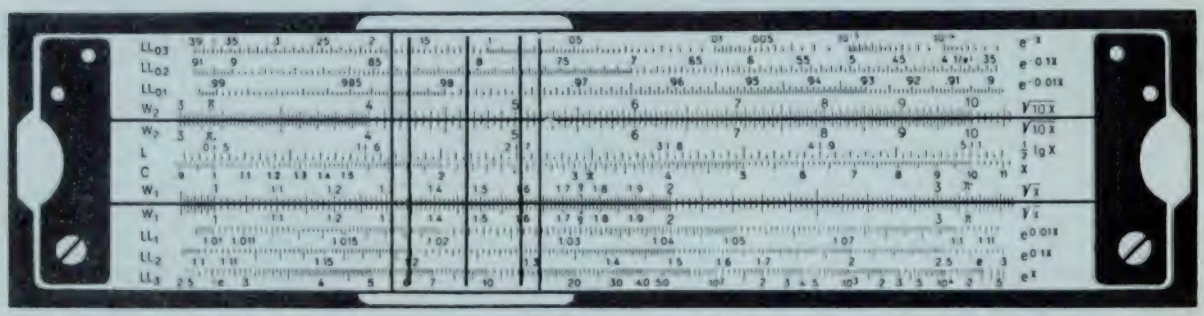
CASTELL-NOVO-BIPLEX 62/83

O mais moderno auxiliar para os seus estudos e para a sua profissão.

A novidade mais importante reside nas escalas de raízes W_1, W_1', W_2, W_2', que possibilitam uma exactidão de cálculo de 4 decimais, por ser interrompida a divisão em $\sqrt{10} = 3{,}16$ e repartida em dois pares de escalas.



Parte dianteira: Além da aprovada escala de T_2 para valores tangenciais e de ângulos maiores do que 45°, temos ainda as escalas CF e DF e a escala recíproca CIF, todas deslocadas por π.



Parte trazeira: Seis escalas exponenciais para o cálculo com expoentes positivos e negativos, e uma escala elementar C que trabalha em conjunto com as escalas exponenciais. Com referência às escalas de raízes, esta escala elementar C exerce as funções de escala de quadrados.

A matéria plástica Geroplast da qual é feita a régua de cálculo, mantem-se inalterável em todos os climas, incluindo o clima tropical até 70° centígrados, não é inflamavel, é elástico e à prova de quebra. Desta maneira, Geroplast concentra em si todas as boas qualidades de um material plástico para uma régua de cálculo de alta qualidade.

Além: A CASTELL-NOVO-BIPLEX 2/83
Uma régua de 25 cms com a exactidão de uma régua de 50 cms.

A. W. FABER-CASTELL · STEIN BEI NÜRNBERG · ALLEMANHA

— *estacaria*: solos saturados de á ua;
— *estabilização química*: areias porosas, com pouca humidade.

8 — EFEITO DAS VIBRAÇÕES SOBRE AS ESTRUTURAS

Em relação aos efeitos sobre as estruturas próximas, as fontes de vibrações artificiais podem classificar-se em seis tipos:

a) *Máquinas instaladas nos pavimentos dos edifícios*

Trata-se de maquinaria de vários tipos, mas geralmente bem equilibrada e de pequeno porte. Dão origem a vibrações localizadas nos elementos estruturais a que estão ligadas, podendo transmiti-las através do solo a paredes isoladas, pilares ou em certos casos a estruturas em conjunto.

b) *Máquinas rotativas de alta velocidade*

São máquinas de grande potência, de velocidade superior a 1 000 r.p.m., bem equilibradas. A amplitude de vibrações é sempre muito pequena, como se viu no 4.º artigo desta série Podem dar origem a vibrações em elementos isolados mas não em estruturas em conjunto, visto a frequência forçada ser muito superior à frequência própria dos edifícios.

c) *Tráfego rodoviário e ferroviário*

Dá origem a vibrações de amplitude considerável, repartidas por um espectro de frequências largo, excitando sobretudo altas frequências. Conduz normalmente a vibrações em elementos estruturais colocados a certa distância.

d) *Explosões*

São menos correntes que as causas anteriores. As ondas propagadas são muito semelhantes às causadas pelas máquinas de percussão.

e) *Máquinas alternativas de baixa frequência*

São mais perigosas, do ponto de vista de transmissão de vibrações às estruturas, que qualquer dos tipos anteriores. Com efeito, a frequência destas máquinas não excede normalmente 500 r.p.m. e nas mais potentes é de 75 a 100 r.p.m. Estes valores aproximam-se da frequência própria fundamental das estruturas, pelo que as podem fazer entrar em ressonância.

O amortecimento das estruturas correntes é pequeno (3 a 6 % em regime elástico) pelo que a curva de ressonância é muito sensível à frequência. Quer dizer: para frequências forçadas ligeiramente diferentes da frequência própria da estrutura, a amplitude de vibração decresce ràpidamente.

Portanto, o que se faz normalmente nestes casos é aumentar a rigidez das estruturas afectadas pelas vibrações do tipo indicado, recorrendo a diversos processos: cintas de travamento, contrafortes, redução das dimensões dos panos de parede, colocação de tirantes, esquadros, etc.

Sobre este assunto, Barkan descreve uma série de casos interessantes, [2] que ilustram o exposto.

f) *Máquinas de percussão*

Especialmente os martelos pilões de grande potência, dão origem a vibrações acentuadas nas estruturas próximas. Enquanto no caso anterior a amplitude de oscilação no solo é pequena e a transmissão se faz a grandes distâncias, atingindo centenas de metros, neste caso as amplitudes de vibrações são consideráveis atingindo valores de 1 a 2 mm e transmitem-se a curta distância, visto que a frequência própria das vibrações é elevada.

As vibrações devidas a máquinas deste tipo dão-se especialmente em terrenos arenosos, de grande porosidade, onde se produzem assentamentos consideráveis. Como a amplitude se atenua ràpidamente com a distância ao foco, as fundações adjacentes ficam sujeitas a solicitações desiguais, o que conduz a assentamentos desiguais também responsáveis pela fendilhação e até ruina de muitas estruturas.

Torna-se necessário ter em conta que como a aceleração no solo a pequenas distâncias dos martelos atinge valores da ordem de 0,7 a 1,0 g, a carga total nos elementos estruturais colocados nesse ponto é de 1,7 a 2,0 vezes a carga estática, pelo que a tensão admissível sobre o terreno deve sofrer a correspondente redução.

Para evitar assentamentos desiguais deve, ou calcular-se a carga total, estática e dinâmica nos vários pontos da fundação e admitir um único

valor para a tensão admissível sobre o terreno, ou considerar valores diferentes para a tensão sobre o terreno, de acordo com a amplitude de vibração ou seja, a carga dinâmica, nesses pontos. Quanto mais curta a distância ao foco, menor a tensão admissível nesse ponto.

Sobre este assunto, chama-se a atenção para o 3.º artigo da presente série.

BIBLIOGRAFIA

[1] — Ravara, A. — «Dimensionamento de Fundações de Máquinas». «Técnica», n.ºs 352, 353, 354, 355, Nov., Dez., 1965, Jan., Fev. 1966.

[2] — Barkan, D. — Dynamics of bases and foundations», Mc Graw Hill-Book Company, 1962.

[3] — Coulson, C. A. — «Waves». Oliver and Boyd, Edimburgh and London, 1952.

ERRATA

Indicam-se em seguida os erros tipográficos mais importantes detectados nos artigos anteriores:

Artigo 1.º, Técnica n.º 352

Pág. 98: Onde se lê:

$$(C_x mf^2) \ldots) (C_z - m f^2) C - M_m f^2) -$$
$$-(C_x m f^2) C_z^2 \varepsilon^2 - (C_z m f^2) C_x^2 L^2 = 0$$

leia-se:

$$(C_x - mf^2) (C_z - mf^2) (C - M_m f^2) - C_x - mf^2)$$
$$C_z^2 \varepsilon^2 - (C_z - mf^2) C_x^2 L^2 = 0$$

Artigo 3.º, Técnica n.º 354

Pág. 204, legenda da fig. 2:

Onde se lê: choque de electricidade *r*
Leia-se: choque de excentricidade *r*

QUINZENA DE CERÂMICAS, VIDRO E REFRACTÁRIOS

Levada a efeito pelo Instituto Nacional de Investigação Industrial, realiza-se de 20 de Junho a 2 de Julho de 1966, na Marinha Grande, uma «Quinzena de Cerâmicas, Vidro e Refractários».

Esta «Quinzena» que aparece em seguimento do 1.º Colóquio de Cerâmica do Barro Vermelho promovido pelo INII em 1964, tem por objectivo a análise das vantagens dos mais modernos métodos de fabrico e mecanização de processos e o estudo de alguns dos mais correntes defeitos de fabrico e suas soluções. O programa inclui conferências, projecção de filmes técnicos e visitas a fábricas.

Para mais informações dirigir-se ao Instituto Nacional de Investigação Industrial (Quinzena de Cerâmicas, Vidro e Refractários), Rua Vale Formoso de Baixo, 1 — Lisboa 6.

LISNAVE

ESTALEIROS NAVAIS DE LISBOA, S. A. R. L.

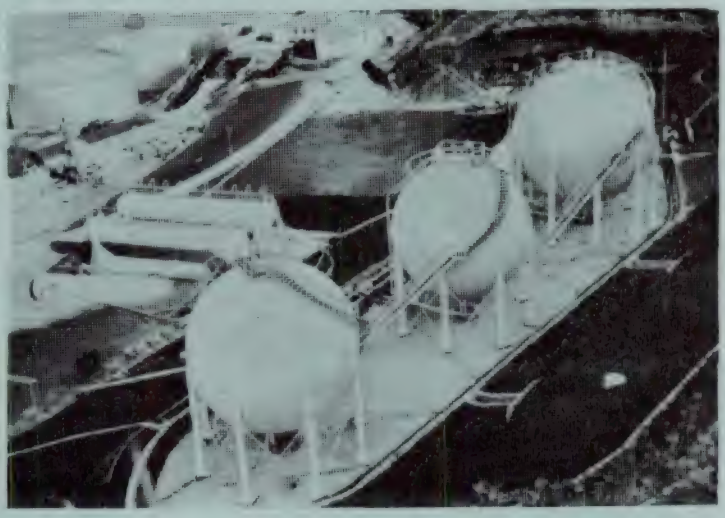
Direcção Geral 67 70 21 (8 linhas) — Estaleiro da Rocha (por concessão da A. G. P. L.) 67 50 61 (8 linhas); 67 61 71 (8 linhas)
Estaleiro da Margueira 27 10 26 · Ender. Teleg. LISNAVE-LISBOA · Apartado 2138

construção metalo-mecânica

PROJECTO, NANUFACTURA E MONTAGEM NO PRÓPRIO LOCAL DE UNIDADES SOLDADAS DE QUALQUER TIPO DE AÇO OU DE ALUMÍNIO

CONSTRUÇÃO METÁLICA SOLDADA

Vista de dois reservatórios cilíndricos e três esféricos de chapa de aço inteiramente construídos no estaleiro da Rocha incluíndo a **copagem de chapas** e montados pelo nosso pessoal de montagem, na Banática, instalações da Shell em 1964



Acaba de aparecer

TOPOGRAFIA GERAL

2.º Volume

Pelo Eng.º A. C. XEREZ

Nova edição revista e actualizada

Preço 150$00

Desconto: 10% aos assinantes

Pedidos à Técnica

HOTEL DOS NAVEGADORES

60 quartos todos com banho e balcão

Aberto todo o ano

MONTE GORDO

Telef. 451

ALGARVE

Construído por CORUL

Construções e Reparações Urbanas, Lda.

R. Conde de Sabugosa, 4, 5.º Esq. — LISBOA

Telefs. 76 02 11 — 76 48 64

SENHORES
ARQUITECTOS
ENGENHEIROS
EMPREITEIROS
CONSTRUTORES

CALCINA

É hoje em Portugal o melhor ligante hidráulico para argamassas, rebocos e alvenarias.

Prefiram, pois, C A L C I N A

Entregas permanentes de dia e de noite nas Fábricas de Cimento "Tejo" - Alhandra e do "Cabo Mondego" - Figueira da Foz, e através da vasta rede de revendedores espalhados por todo o País

DO MUNDO TÉCNICO

NOVO TIPO DE ARRANHA-CÉUS: O JOHN-HANCOCK-CENTER EM CHICAGO, U. S. A.

C. D. U 728.28

Em Abril de 65 foram iniciados os trabalhos duma construção totalmente inusitada do ponto de vista das suas dimensões, da sua forma e da sua exploração económica. Antes do mais, o novo edifício choca o observador pela sua forma em tronco de cone alongado. Comporta 100 pisos e tem uma altura total de 336 m. Na metade inferior, encontram-se escritórios e locais para efeitos comerciais enquanto que a metade superior é reservada para apartamentos de habitação. O lugar de implantação do edifício situa-se ao norte da Michigan Avenue, em Chicago (Illinois). A estimativa aproximada provisória do preço eleva-se a 95 milhões de dóllars. O terreno sobre o qual se erigirá o edifício tem uma superfície de 9400 m², construindo-se porém apenas em metade dessa área, que é limitada por ruas em três dos seus lados.

Fig. 1

A superfície útil da construção é de 260.000 m². A parte destinada aos apartamentos, na metade superior, com uma extensa vista sobre a cidade e o lago Michigan, comportará 750 habitações repartidas por 49 andares. Os locais destinados a escritórios e explorações comerciais ocuparão 34 andares. Sete andares-parking poderão acolher 1100 automóveis.

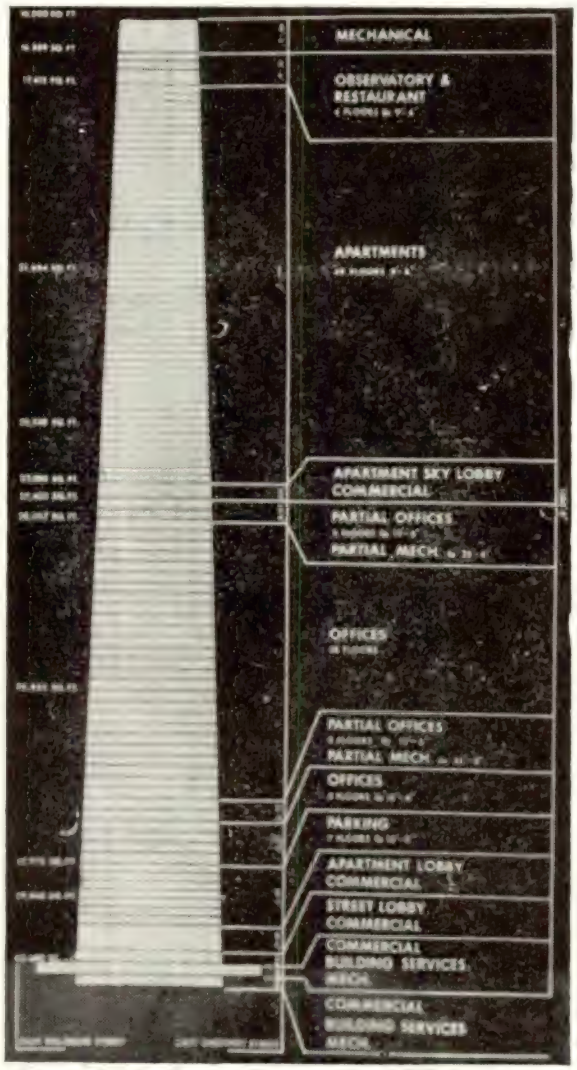


Fig. 2

Para obras de semelhante altura, a forma em tronco de pirâmide apresenta grandes vantagens do ponto de vista do cálculo da estabilidade. Tem como resultado

que a secção horizontal, que mede 3800 m² à altura do primeiro andar não é senão 1500 m² no último andar. O 44.º piso comportará um hall de recepção, destinado exclusivamente aos locatários dos pisos superiores. Encontrar-se-ão ali salas de reunião, uma piscina, serviços diversos e pequenas lojas que corresponderão às necessidades diárias dos habitantes. A parte inferior, destinada a escritórios, e a parte superior, reservada para habitações, serão servidas por ascensores separados.

Na parte inferior, dispor-se-á duma superfície útil destinada a escritórios de mais de 100 000 m², repartida por 35 andares. Todos os locais para escritórios apresentam grandes distâncias entre suportes, e divisórias móveis permitem subdividi-los em espaços de dimensões ao agrado dos locatários.

O rés-do-chão dá acesso aos elevadores pelas 3 ruas adjacentes. O primeiro e o segundo andar estão reservados a numerosos comércios de retalho. Nos pisos superiores, aos quais se sobe em menos de 45 segundos por elevadores de grande velocidade, encontra-se um restaurante, locais destinados a miradouros, e finalmente, os equipamentos mecânicos.

O edifício chamar-se-á John-Hancock-Center. Os arquitectos são: Skidmere, Owings & Merrill, de Chicago. A empresa construtora é uma companhia de seguros.

A infraestrutura é constituída por uma ossatura em aço que, mesmo depois de acabamento das paredes exteriores, sublinhará o carácter arquitectónico do edifício.

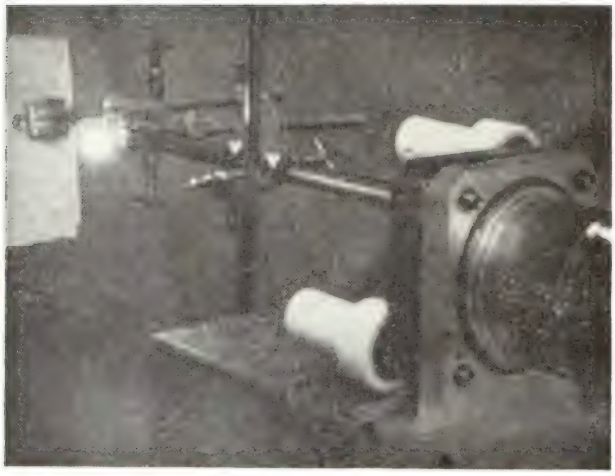
A construção de locais de habitação e de escritórios num grande arranha-céus constitui uma concepção urbanística inteiramente nova. Constatou-se que, mesmo nos centros urbanos apresentando uma ocupação muito densa, não se é pràticamente incomodado pelo barulho e poluição, desde que se esteja a uma altura superior a 150 m. A estas alturas o sossego é maior que nos bairros residenciais mais pacíficos, ao nível do solo, onde se é ainda incomodado pelos automóveis. Além disso, vê-se igualmente nesta concepção um meio de remediar a deserção dos centros urbanos fora das horas normais de actividade comercial, e de pôr assim um travão ao recuo progressivo do carácter urbano.

Finalmente, esta disposição provoca igualmente uma redução de tráfego profissional nas horas de ponta.

(Trad. de Acier-Stahl-Steel)
N.º 3.º Março de 1966

O MAIS POTENTE LASER DE GÁS CARBÓNICO

C. D. U. 621.375.9



Fusão de uma amostra de vidro sob o impacto do feixe de um laser de gás carbónico

O laser que acaba de ser construído no Centro de Pesquisas da Compagnie Générale d'Electricité é, segundo informações desta, o mais potente laser de gás já realizado. Desenvolve uma potência permanente de 280 Watt, fundindo ou volatilizando todo o material que a absorva.

O gás de enchimento do tubo é uma mistura de gás carbónico, hélio e azoto, que circula no espaço de interacção. A emissão tem lugar principalmente segundo uma risca de vibração-rotação do gás carbónico, de comprimento de onda de 10 59 γ, com um rendimento ligeiramente superior a 10 %.

O primeiro laser de gás carbónico de potência superior ao watt, foi concebido e realizado em Março de 1965 pela equipa do Professor Amat, no laboratório de espectroscopia da Faculdade de Ciências de Paris, que pôs em evidência o interesse dos laseres moleculares, principalmente devido ao seu elevado rendimento.

Podem citar-se, entre as aplicações possíveis:

— a soldadura e fusão dos refractários, graças a uma concentração de energia que ultrapassa a dos fornos solares;

— as telecomunicações, devido à transparência da atmosfera para este comprimento de onda.

Resumos dos artigos publicados na Técnica n.º 356

Ano XLI — Março 1966

Vasco Costa — CDU 378.962

Considerações acerca do ensino de engenharia

Técnica No. 356 — XLI — 3. 1966, pág. 313-324.

O autor começa por salientar a importância do ensino técnico, chamando a atenção para a necessidade de se averiguar das carências do País antes de se proceder a qualquer reforma do ensino. Enuncia em seguida os objectivos de cada um dos diferentes graus de ensino. Depois de fazer notar a efemeridade dos conhecimentos técnicos, assinala o papel relevante desempenhado pelas ciências, especialmente as aplicadas, no ensino técnico superior, não esquecendo, contudo, as humanidades e as ciências sociais.
A terminar, refere a particular importância dos estágios quando ao ensino superior e dado um carácter científico.

Moura Esteves — CDU 550.837

Contribuição para a prospecção de estruturas geológicas por sondagens geoeléctricas

Técnica No. 356 — XLI — 3. 1966 pág. 325 - 341.

O objectivo do trabalho que se apresenta foi o estudo das possibilidades da aplicação da técnica de sondagem geoeléctrica à prospecção de estruturas geológicas verticais. Para isso calcularam-se vários tipos de curvas de sondagens geoeléctricas (utilizando o dispositivo geométrico de Schlumberger) por hipótese realizadas junto de uma estrutura geológica constituída por um meio homogéneo vertical, de espessura significativa, inserido num meio semi indefinido de resistividade eléctrica diferente. A linha de emissão da corrente eléctrica foi disposta paralela e perpendicularmente ao meio vertical. São apresentados os resultados teóricos obtidos, que foram verificados, em parte, por ensaios realizados sobre modelos reduzidos cuja descrição se faz, bem como das técnicas e das aparelhagens empregadas.

Artur Ravara — CDU 624.159.11.002:534.213

Propagação de vibrações. Efeitos sobre estruturas

Técnica 356 — XLI — 3. 1966, pág. 343-354.

No presente artigo apresentam-se alguns aspectos fundamentais da teoria de propagação das ondas em meios elásticos, homogéneos e heterogéneos, nos aspectos qualitativo e quantitativo.
Particulariza-se a teoria para o caso de vibrações provocadas por forças concentradas e distribuídas, actuando à superfície do solo ou a pequena profundidade, como sucede na maioria das instalações industriais.
Os resultados por via analítica são criticados em face de valores experimentais.
Finalmente, caracterizam-se os principais tipos de vibração transmitidos às estruturas e indicam-se os métodos mais correntes utilizados na respectiva protecção.

Synopsis of articles published in «Técnica» nº 356

XLI — March 1966

Artur Ravara UDC 624.159.11.002:534.213

Propagation of vibrations. Effect on structures

Técnica No. 356 — XLI — 3. 1966 pp. 343 to 354.

In this article attention is called to some aspects of propagation of elastic waves in soil. Vibrations due to concentrated and distributed forces are analised. These forces are considered to act at the soil surface or at a certain depth, as currently happens in industrial plants.

Analytical results obtained are compared with the experimental ones.

Finally the most current types of vibrations sources are classified; transmission to nearby structures is briefly discussed and some pratical means of limiting vibrations are indicated.

Vasco Costa UDC 378.962

On the teaching of engineering

Técnica No. 356 — XLI — 3. 1966, pp 313 to 324.

The author emphasizes the importance of technical education and points out the need for an analysis of the country's requeriments as a preparatory step to any educational reorganization.

He further stresses the ephemeral nature of technical knowledge and the outstanding importance of science, especially applied science, in advanced technical education. Humanities and social science should also be included.

Finally, there is a reference to the importance of the pratical training when advanced education has a marked scientific feature.

Moura Esteves UDC 550.837

Geo-electric sounding in the exploration of vertical geologie features

Técnica No. 356 — XLI — 3. 1966 pp 325 to 341.

The object of the present paper is to study the possibilities of geo-electric soundings in the exploration of vertical geologic features. For that purpose various types of geo-electric sounding curves were plotted (by means of Schlumberger's geometric device) near a geologic structure made up of a vertical homogeneous significantly thick medium contained in a half-space with a different electric resistivity. The emission line was placed in directions parallel and normal to the vertical medium. The paper describes the analytical results obtained confirmed by model tests of the studied features. The two types of models made are described as well as the procedures and instruments used.

BIBLIOTECA
FICHEIRO

Classificadores responsáveis:

Coias e Silva, Francisco Deslandes, João Caraça, Pinto Ferreira

---

Recortar as indicações bibliográficas que formam uma ficha e estão encimadas por CDU (Classificação Decimal Universal).

Colar cada referência num pequeno rectângulo de cartolina de 75 × 125 mm.

Ordenar pelos índices decimais, *começando da esquerda para a direita,* independentemente do número de algarismos que o índice contiver, e respeitando a seguinte regra de arrumação dos sinais auxiliares:

+ / n.os simples : [ ] = (01/09) (1/9) (=) " "A/Z — .0 .00

Consultar, em casos duvidosos, a exemplificação inserida na «Técnica» n.º 218 e seguintes, ou recorrer à Biblioteca da A. E. I. S. T.

Notar que a inserção das fichas nesta publicação respeita a ordem correcta, no intuito de a esclarecer o mais possível.

A comodidade de possuir no próprio local de trabalho um arquivo ordenado e de fácil consulta sobre assuntos que se sabe onde existem, é uma das evidentes vantagens de um ficheiro classificado segundo a CDU.

Os assuntos de que estas fichas são referência ficam patentes à consulta a partir desta data.

LIVROS

C. D. U. 624.159.2

Accidents de Fondations — *C. Szechy*

Dunod, Paris — 1966.

Traduzido do inglês por *R. Ory*

Ao contrário do cálculo de construções, que hoje está pràticamente estandardizado, as fundações são afectadas por alterações da propriedade dos materiais de construção e dos solos, que nem sempre podem ser previstas, e podem surgir quer imediatamente a seguir ao acabamento das fundações, quer vários anos mais tarde. As consequências de tais modificações, de métodos inadequados de construção ou de drenagem, duma má utilização, e dum conhecimento sempre incompleto de verdadeira capacidade de suporte dos solos e dos espaços que neles se desenvolvem, podem traduzir-se ou por avarias sérias na obra suportada pela fundação, ou mesmo pela sua ruína total.

São precisamente as principais causas de acidentes em fundações que são examinadas nesta obra, juntamente com a descrição de numerosos exemplos, cobrindo pràticamente todos os tipos de construção: Imóveis de habitação, reservatórios, silos, pórticos e pontes rolantes, pontes, muros de suporte, barragens, etc.

Trata-se portanto de um guia útil quanto às causas dos acidentes de fundações, e aos métodos pelos quais eles podem ser prevenidos e remediados.

ARTIGOS DE REVISTAS

C. D. U. 532.5 : 532.312.5

Some new aspects of similarity in hidraulics — *E. O. Macagno.*

La Houille Blanche, 1965, 20.º ano, n.º 8, pág. 751-759.

Considera-se a semelhança no sentido lato característico dos engenheiros hidráulicos; quer dizer, mais como conceito geral que serve de base à simulação de complexos fenómenos naturais ou artificiais, do que como a ideia pura e rigorosa de semelhança que tinham os antigos sábios gregos.

Esta maneira de abordar o problema é natural quando se trata de arte de ensaios sobre modelo reduzido, arte já velha, mas capaz de apresentar novos problemas.

No passado, teve-se a tendência de considerar os modelos reduzidos como calculadores de escoamentos fluídos: agora parece-se inclinado a considerar como modelos os computadores quando calculem escoamentos. A tentação de proceder deste modo é quase irresistível, depois de ver películas recentes, que mostram escoamentos variáveis calculados por computadores e apresentados por máquinas a eles acoplados. Para ilustrar este aspecto, dão-se a conhecer sucintamente alguns problemas de mecânica dos fluídos, actualmente em estudo no Iowa Institute of Hydraulic Research, com particular atenção para os aspectos concernentes ao cálculo pròpriamente dito.

SONDAGENS RÓDIO, L.DA

LISBOA

RUA DE S. BENTO, 644-3.º

Telefones: 68 80 96/7/8 ✦ Telegramas: SETANSOL

RODIO

SONDAGENS GEOLÓGICAS
ESTUDOS GEOTÉCNICOS
ESTACAS GUNITA
CAPTAÇÃO DE ÁGUAS
CONGELAÇÃO DO TERRENO
IMPERMEABILIZAÇÃO DE OBRAS HIDRÁULICAS
CONSOLIDAÇÃO DE FUNDAÇÕES
ABAIXAMENTO DO LENÇOL DE ÁGUA

—//—

Engenheiro Consultor: **Walter Weyermann**

MELITOL
PROTECÇÃO
MARCA REGISTADA

O MAIS EFICAZ IMPERMEABILIZADOR DE CIMENTO, BETÃO E MARMORITE

Empregado pelos Serviços do Ministério das Obras Públicas, Defesa Nacional, Aviação, Marinha, etc.; C.M.L. e outras; Comp.as: C.P, Águas, Electricidade, Telefones, Sacor, Shell, Mobil, B. P. C.U.F., U.F. Azoto, Siderurgia, Laboratórios de Engenharia Civil, Fundação Gulbenkian, etc.; Fábricas, Moagens, Bancos, Hotéis, Hospitais, etc.

As melhores referências
dos
melhores Construtores

FACULTAMOS FOTO-CÓPIAS

Eficiência total nos trabalhos mais difíceis

Aditivos para cimento e tintas de alta protecção «EVODE»

DISTRIBUIDORES GERAIS:

TITO PEREIRA DE SOUSA

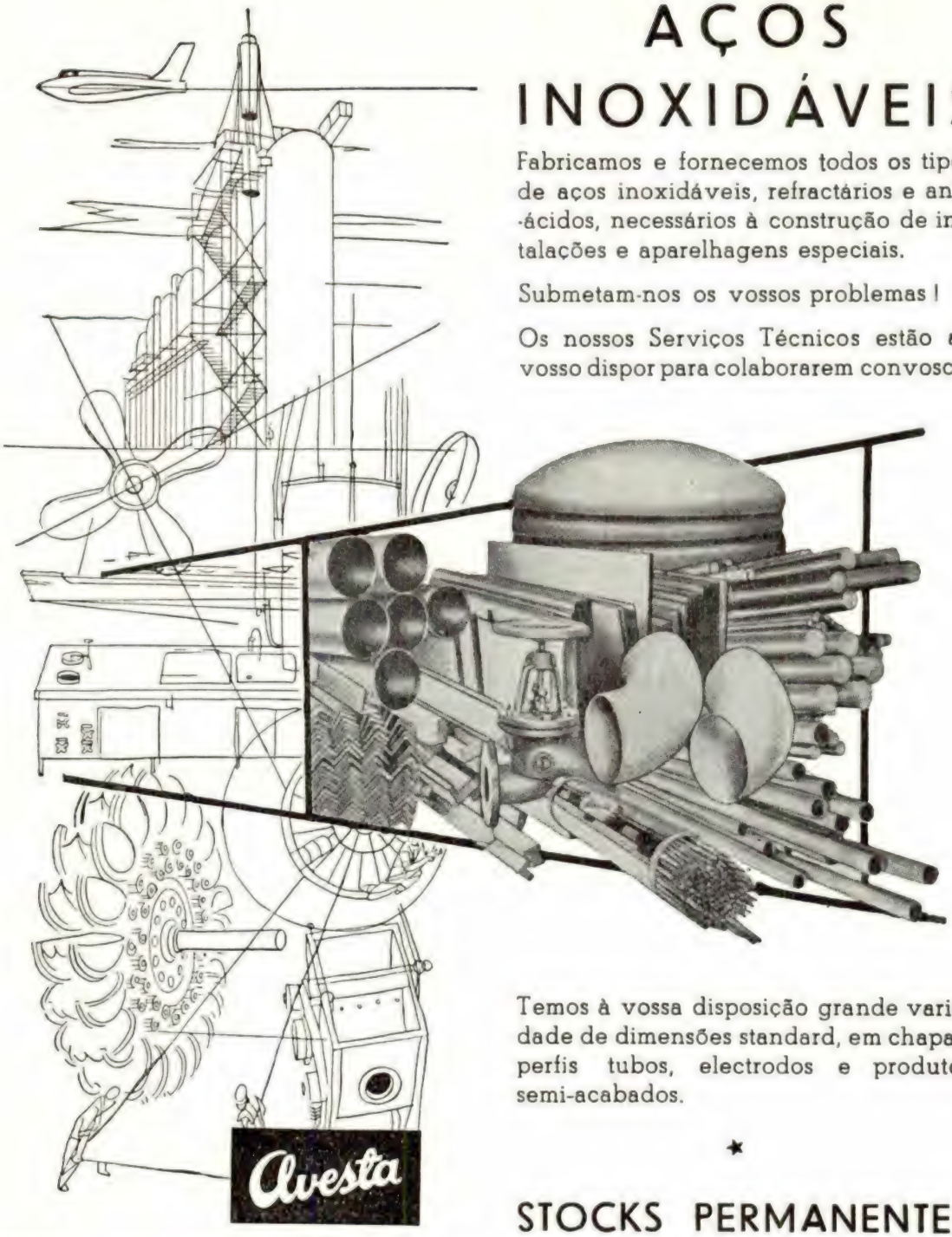
R. de S. Nicolau, 41, 3.º — LISBOA-2 — Telef. 31805

AÇOS INOXIDÁVEIS

Fabricamos e fornecemos todos os tipos de aços inoxidáveis, refractários e anti-ácidos, necessários à construção de instalações e aparelhagens especiais.

Submetam-nos os vossos problemas!

Os nossos Serviços Técnicos estão ao vosso dispor para colaborarem convosco.



Temos à vossa disposição grande variedade de dimensões standard, em chapas, perfis tubos, electrodos e produtos semi-acabados.

★

STOCKS PERMANENTES

AVESTA JERNVERKS AKTIEBOLAG
AVESTA — SUÉCIA

Representantes Exclusivos para Portugal e Ultramar:

A. JOHNSON & Co (PORTUGAL), L.DA

SEDE EM LISBOA:
Praça José Fontana, 11-1.º
Telef. 537015-537016-537017-537018

FILIAL NO PORTO:
R. Dr. António Granjo, 160/168
Telef. 54666

C. D. U. 535 33.004.14

Les méthodes de la spetrométrie de masse appliqeés a la détermination de proprietés des ions, radicaux et molécules — *P. Natalis.*

Industrie Chimique Belge, 1966, vol. 31, n.º 2, pág. 121-130.

C. D. U. 536.717 : 546.212 - 13 : 621.1.013

O vapor de água na zona de pressão crítica — *H. Myffenegger.*

Revista Técnica Sulzer, 1965, n.º 1, pág. 33-36.

Determinação gráfica das derivadas parciais $\left(\frac{\partial v}{\partial i}\right)_p$ e $\left(\frac{\partial v}{\partial p}\right)_i$ por meio das tabelas de vapor 1963 editadas pela associação dos engenheiros alemães (VDI) e dos dados fornecidos na ocasião da Conferência Internacional de Nova Yorque sobre as tabelas de vapor.

C. D. U. 539.414 : 691 - 422

Torsion non uniforme des barres a parois minces et a porfil auvert — *R. Dziewoski.*

Annalles I.T.B.T.P., 2-966, 19.º ano, n.º 218, pág 175-190.

Recorda-se a teoria geral da torsão não uniforme de barras de paredes delgadas e perfil aberto. Descrevem-se em seguida os programas de cálculo electrónico estabelecidos para a resolução do problema. Estes programas permitem estabelecer as tabelas de características geométricas sectoriais dos perfis laminados correntes e as linhas de influência das grandezas fundamentais de torsão.

C. D. U. 542.941 [546.742 - 31] 548.51

Aperçu sur le rôle des phénomenes de germination dans la réduction de l'oxide de nickel par l'hydrogène — *B. Delmon.*

Revue du Nickel, 1965, n.º 2, pág. 46-52.

Em muitas reacções entre sólidos e gases, as condições de formação da fase do produto da reacção tem uma influência considerável na evolução do fenómeno. É este o caso da redução do óxido de níquel pelo hidrogénio.

Após se apresentarem exemplos desta influência, indicam-se as vias que permitem analisar cinèticamente o efeito global da reacção para determinar as características do processo de germinação.

Tal estudo permite entrever a possibilidade de agir de modo racional nestes processos a fim de conduzir com mais segurança os processos baseados em reacções heterogèneas. Em particular parece que a criação artificial de germens constitui um modo de escolha para melhor dirigir a reacção química.

C. D. U. 546.963 - 86 [535.243]

Estudos espectrofotométricos sobre a identificação de clorocomplexos de Ruténio III — *B. E. Marques* e *M. L. Simões.*

Separata de Rev-Pat. Quím., 6, 1964, 29-33.

Estudou-se o comportamento do Ruténio III em soluções fortemente clorídrica. Por análise das causas espectrais verificou-se que em soluções 6,46 e 6,36 M restabelece equilíbrio entre os iões Ru Cl_6^{3-} e os isómeros, *cis* e *trans* do Ru $(H_2O)_2$ Cl_5^{2-}. Em solução 5.50 M o equilíbrio contém também o ião Ru (H_2O) Cl_5^{2-}. Calculam-se as constantes de equilíbrio e a partir dos seus valores conclui-se quais as reacções que tem maior probabilidade de se verificar nas soluções 6,46 M e 6,36 M.

C. D. U. 547.458.81 - 145.1 : 545.821

La solubilité de KRS 5 et l'utilisation des cuvettes en KRS 5 pour la spectroscopie I R des solutions de cellulose — *I. Dechant* e *H. Hoyme.*

Revue d'Iena, 1965, n.º 4, pág. 210-213.

No estudo espectroscópico infra-vermelho dos processos químicos que se desenrolam quando do tratamento da celulose é necessário registar os aspectos IV das soluções aquosas acida e alcalina para o que se dispõe de vários materiais para as células. Um destes materiais e o KRS 5 mistura de Iodeto e Brometo de Tálio que devido às suas propriedades tem grandes vantagens embora se conheçam poucas indicações sobre a sua solubilidade em solventes não neutros. É este estudo que se fez neste artigo, aplicando depois ao estudo espectroscópico da celulose em solução aquosa alcalina.

C. D. U. 620.93 : 541.13

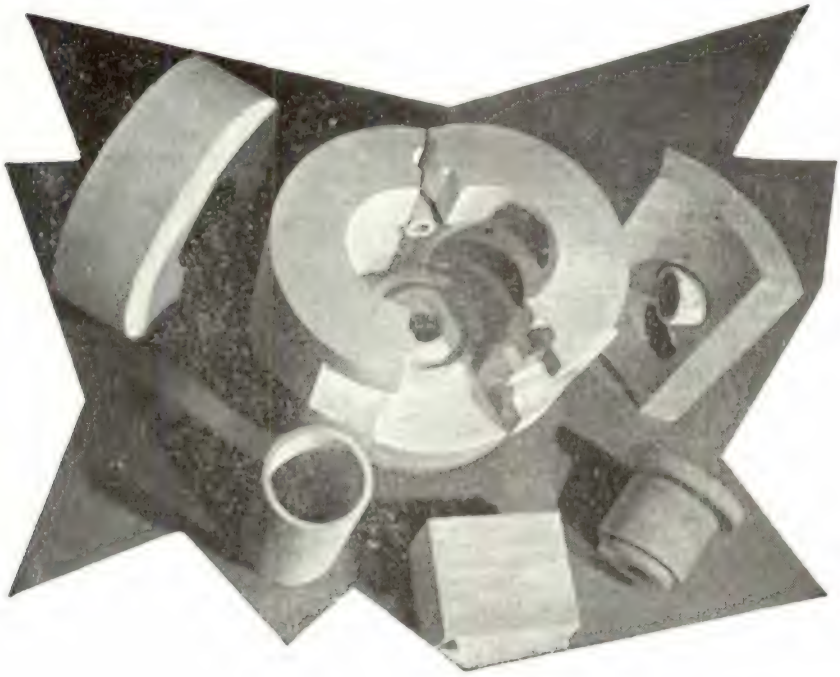
Les perspectives de la conversion de l'énergie chimique en électricité — *B. Sale.*

Industrie Chimique Belge, 9-965, T. 30, n.º 9, pág. 933-947.

Entre os novos processos de conversão de energia química em electricidade os mais prometedores são no estado actual dos conhecimentos as pilhas de combustível e a magnetohidrodinâmica que são o objecto essencial desta exposição. As pilhas de metanol e as pilhas de hidrogénio de conversão prévia constituem soluções de compromisso interessantes cujas perspectivas de aplicação são válidas ao longo da exposição. No que diz respeito à magnetohidrodinâmica o exame dos problemas e das soluções actualmente viáveis leva a pensar que realizações relativamente modestas do ponto de vista do rendimento, mas contudo interessantes podem aparecer num futuro bastante próximo. O sucesso das pesquisas levadas a cabo sobre a supercondutividade, os materiais e os processos susceptíveis de aumentar a condutividade dos gases teriam como consequência um melhoramento muito sensível dos resultados.

a técnica moderna emprega

BETÕES REFRACTÁRIOS



à base dos cimentos

FONDU LAFARGE

e

SECAR 250

porque são

práticos
eficientes
económicos

REFRACTÁRIOS ATÉ 1800° C
REFRACTÁRIOS ISOLANTES ATÉ 1700° C

Os nossos serviços técnicos, especializados, estão à vossa inteira disposição para estudar, sem qualquer encargo da vossa parte, a adaptação dos BETÕES REFRACTÁRIOS a todos os vossos problemas

AGUIAR & MELLO, L.DA

P. do Município, 13-1.º — LISBOA — Tel. 32 11 51/2

C. D. U. 621 - 13 [534.1 : 621 - 523]

Contrôle des vibrations et équilibrage des machines tournantes par des moyeens électroniques — *F. Lafay.*

Mécanique Électricité, 4-965, n.º 187, pág. 57-67.

Depois de algumas considerações sobre tipos de colectores, insiste-se sobre os elementos de integração e de derivação que permitem o confronto das detecções e o seu equacionamento.

A equilibragem de peças rotativas também é aqui tratada. O método vectorial utilizado estabelece a síntese entre os meios teóricos e as diversas formas de equilibragem.

C. D. U. 621.313.004.15

The goodness of a machine — *E. R. Laithwaite.*

Electronics & Power, 3-965, vol. 11, pág. 101-103.

C. D. U. 621.313.016.2

Limitation par les contraintes rotoriques des puissanses unitaires réalisables des turbo alternateurs — *H. Spiess.*

Bulletin Oerlikon, 1-965, n.º 360, pág. 15-21.

Aparte os problemas que põem o fabrico e o transporte dos estatores das máquinas de grandes dimensões, cujas soluções são apenas de ordem económica, expõem-se as razões físicas que fazem com que o rotor seja o elemento que limita a potência unitária dos turbo-alternadores.

C. D. U. 621.313.048.1 : 678.046.36-494

Micapact insulation — *Andersson, A. R.* e *Helén, C.*

ASEA Journal, 38, 1965, pág 87-93.

Descreve-se o desenvolvimento de um novo isolador de alta tensão, chamado «Micapact». As suas principais características são a elevada resistência à fadiga, baixo factor de dissipação [tg δ] e excelente resistência às pressões mecânicas e térmicas. Descreve-se também o cuidadoso processo de manufactura.

C. D. U. 621.313.3 - 75

Aumentation de la qualité et de la sécurité des grandes machines électriques — *W. Dreher, H. F. Khoe, J. Peter* e *J. Zardin.*

Bulletin Oerlikon, 1-965, n.º 360, pág. 1-14.

C. D. U. 621.313.32

Two-speed salient-pole synchronons machines — *Fong, French e Rawcliffe.*

Electronics & Power, 3-965, vol. 11, pág. 106-107.

C. D. U. 621.313.8

Development and application of reluctance motors — *P. J. Lawrensor.*

Electronics & Power, 6-965, vol. 11, pág. 195-198.

C. D. U. 621.314.57.072.9

Synchronisatisn d'onduteurs — *Samberg, Konrad.*

Revue Siemens, 1965, vol. 23, n.º 7, pág. 248-252.

Quando se quer fazer funcionar em paralelo onduladores autopilotados, é necessário assegurar a mesma frequência e a mesma fase. A sincronização de bases de tempo faz-se duma maneira diferente, consoante a frequência da base deriva da saturação dum transistor ou duma autoindução e obtida em função dum circuito oscilante. Nas bases de tempo de saturação, a sincronização faz-se em geral por variação brusca, sendo o ângulo de erro da mesma ordem que a duração de comutação dos transistores. Nas bases de tempo de circuito oscilante a sincronização efectua-se duma maneira progressiva com variações de frequência definidas mas com um erro de fase constante, correspondente ao desacordo dos circuitos oscilantes.

C. D. U. 621.316.7 - 523.8 : 621.315.592 : 669.782

Réalization constructive du système de circuits de commande SIMATIC N — *Finsterbusch, Wolfgang* e *Nitsche, Herbert.*

Revue Siemens, 1965, vol. 23, n.º 4, pág. 127-130.

Como elementos normalizados para o sistema de circuitos de comando SIMATIC N, dispõe-se de conjuntos de placas encaixáveis e de pequenos blocos moldados em matéria plástica. As placas encaixáveis têm dimensões e regiões de contactos padronizados e podem ser combinadas com elementos modulares de outros sistemas para formar instalações comuns constituídas por elementos modulares.

Os blocos podem ser montados ou sobre placas encaixáveis ou sobre quadros de montagem amovíveis.

C. D. U. 621.317.384 : 519.24

Statistical method of analyzing long-term Troposphenic Loss — *Michael Schilder.*

Electrical Communications, 1-3-965, vol. 40 n.º 1, pág. 99-108.

C. D. U. 621.332 (52)

La commotion électrique et sa prévention four les agents des lignes touchant le fil de contact sous tension. Étude sur l'échelle — *Osamu Oda.*

Bulletin de l'A. I. du Congrés des Chemins de Fer, 1965, vol. 42, n.º 8-9, pág. 570-573.

C. D. U. 621.375.13

A simple approach to feedback amplifiers — *R. C. Foss*

Electronics & Power, 3-965, vol. 11, pág. 104-105.

C. D. U. 621.385.15

Mulplier photo-tubes fon single-electron counting — *E. H. Eberhardt.*

Electrical Communication, 1-3-965, vol. 40, n.º 1, pág. 124-133.

CP FE

COMPANHIA PORTUGUESA DE FORNOS ELÉCTRICOS

Capital 60 MIL CONTOS S A R L

Largo de S. Carlos, 4 Lisboa · 2

C. D. U. 621.385.15:519.21

Determination of the probability distribution of the number of secondary electrons — *Z. Bay — G. Papp.*

Electrical Communication, 1/3-965, vol. 40, n.º 1, pág. 134-143.

C. D. U. 621.395.43

Transistors carrier multiplex equipments

Part 1 — Board design and salient circuits features

Part 2 — Deep-rack construction

Part 3 — Front-leadout construction

M. E. Collier, H. Lehnich, L. C. Deschnytere, Richard Rabe.

Electrical Communication, 1/3, vol. 40, n.º 1, pág. 34-98

C. D. U. 621.395.636.1

Perfectionnements du cadran d'appel téléphonique — *Deutrich, Klaur-Dicter, Kallhardt, Heinrihc.*

Um quadro de chamada aperfeiçoado satisfaz a grandes exigências do ponto de vista relação de impulsão, regularidade do movimento de retorno, resistência aos agentes climáticos e duração. Suportou perfeitamente os ensaios de longa duração praticados pela Administração dos PTT Alemã e totalizando 1,2 milhões de chamadas.

C. D. U. 621.396.216

FM 12/400, um système hertezien polyvalent à bande étroite — *Deurna, Peter; Failer, Hans; Gammel, Josef*

Revue Siemens, 1995, vol. 23, n.º 7, pág. 219-215.

Estuda-se um sistema herteziano trabalhando com 24 linhas telefónicas, no máximo, oferecendo uma grande segurança de serviço e convindo tanto a uma exploração móvel, como a uma exploração estacionaria. O sistema descrito funciona em modulação de frequência na banda RF de 400 a 470 MHz. Em conjunção com o equipamento de correntes portadoras V6 Fu T, o sistema serve para a transmissão de sinais de telecomando e de televigilância sobre os percursos hertesianos de banda larga. Ligeiramente transformado, presta-se igualmente à transmissão de programas de rádiodifusão em ligações de repetição directa.

C. D. U. 621.743

Instalação para a distribuição e doseamento automáticos do silicato de sódio — *C. T. I. F.*

Fundição — Boletim A. P. F., n.º 6, 1965, pág. 15.

Em transcrição parcial de «Fondeur d'aujord'hui», n.º 166, apresenta-se uma instalação de distribuição e doseamento automáticos do silicato de sódio para o processo do endurecimento de machos pelo anidrido carbónico. O equipamento sugerido, rentável para fundições que utilizam o processo do CO_2 com certa frequência, está descrito e esquematizado gràficamente neste artigo.

C. D. U. 621.744

A precisão dimensional na fundição — posicionamento das caixas de moldação — *J. Acúrcio.*

Fundição — Boletim A. P. F. n.º 7, 1965, pág. 35.

O autor apresenta as constantes exigências que impõem cada vez mais o rigor dimensional na fundição e, em seguida, expõe quais os factores de importância a ter em consideração para resolver o problema. O artigo inserido neste número da Revista inclui considerações feitas à volta dos pernos e casquilhos das caixas de moldação.

C. D. U. 621.744

Princípios de cálculo de alimentação por gravidade de peças em aço — *Eng.º José Bissaia Barreto.*

Fundição — Boletim A. P. F. n.º 4, 1965, pág. 19.

Pretende-se apresentar neste artigo um resumo prático de um processo de cálculo de alimentadores para peças de aço vazado baseado nos princípios teóricos e nos trabalhos práticos de Beshap e Bellini.

C. D. U. 621.746:669.18

Desgasificação dos metais ferrosos (conclusão) — *Eng.º António P. Salgado.*

Fundição — Boletim A. P. F. n.º 4, 1965, pág. 19.

Este artigo termina o que se inseriu no n.º 3 de «Fundição». Nesta 2.ª parte, focam-se de modo especial os efeitos do hidrogénio na elaboração do aço e os meios de o eliminar e ainda as consequências da presença do azoto.

C. D. U. 621.744

Princípios de gitagem (conclusão) — *Eng.º José Bissaia Barreto.*

Fundição — Boletim A. P. F. n.º 4, 1965, pág. 17.

O artigo completa o anterior, publicado no n.º 3 de «Fundição», e dedica especial atenção à aplicação dos princípios hidráulicos na gitagem.

O autor apresenta um sistema de gitagem considerado como ideal e detalha depois os seus váriоa elementos: sortilha de vazamento, gito de descida, poço de gito, canal de distribuição e entradas.

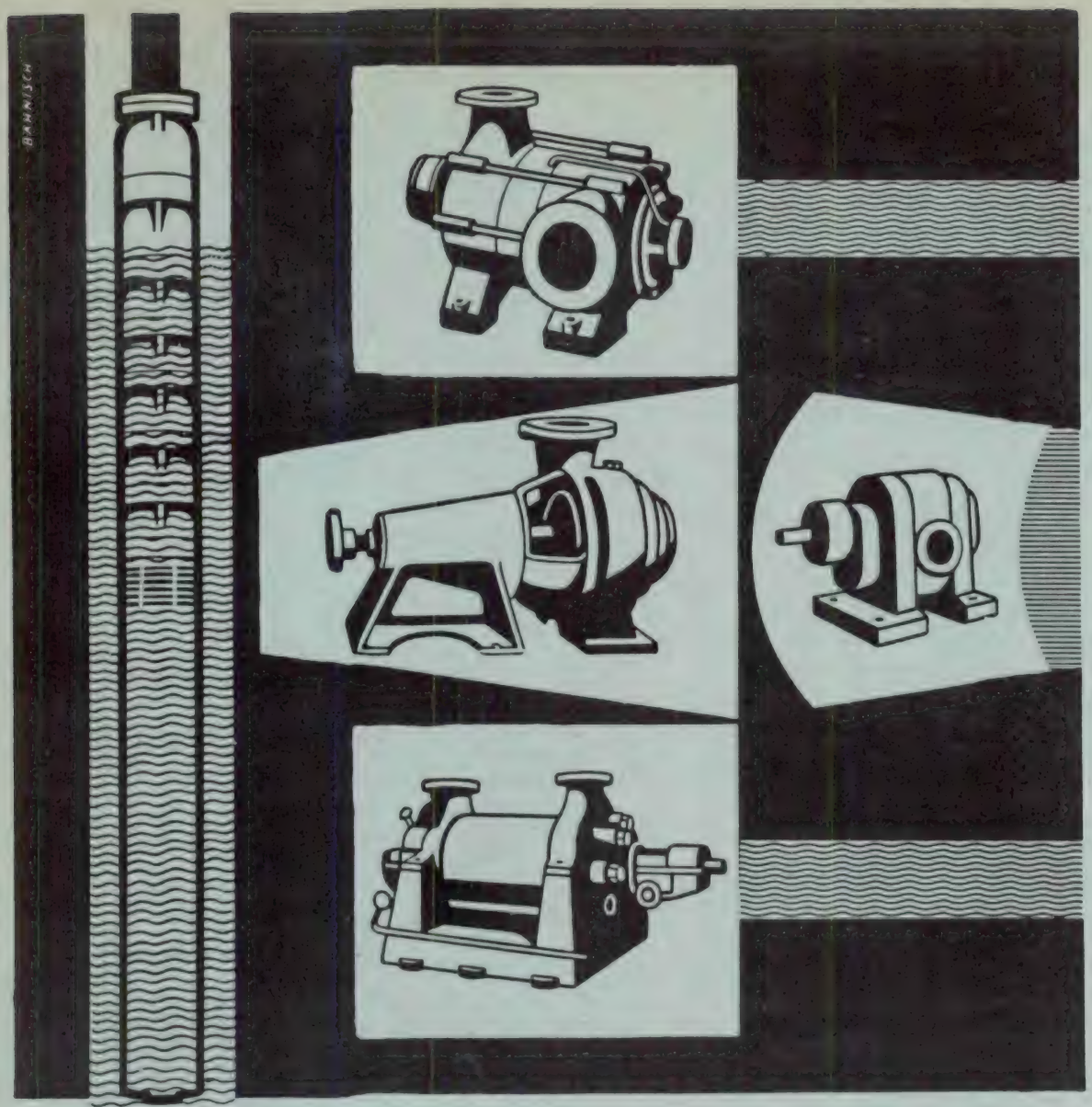
C. D. U. 624.131.37

L'oedomètre éléctrique — *L. Parez e M. Bachelier.*

Annales I.T.B.T.P., 2-966, 19.º ano, n.º 218, pág. 277-284.

Descreve-se uma instalação de registo eléctrico das curvas de assentamento edométrico. No decurso dos dois primeiros anos de funcionamento, este aparelho permitiu dar, com grande precisão, os valores dos assentamentos de camadas de solos muito variados, permitindo a uma melhor avaliação:

1. do assentamento inicial;
2. do coeficiente C_v.



EKM

Bombas para todos os fins

Bombas e acessórios de bombas, das menores às maiores capacidades, para extracção de líquidos puros, contaminados, agressivos, viscosos, quentes ou frios, destinados a rega, drenagem, irrigação, para a agricultura, indústria mineira, construção naval, indústria química e outras indústrias, abastecimento de água para fins domésticos e muitas outras finalidades.

Dão-se informações:

TECHNOCOMMERZ GmbH

108, Berlim, Taubenstrasse 4-6

REPUBLICA DEMOCRÁTICA ALEMÃ

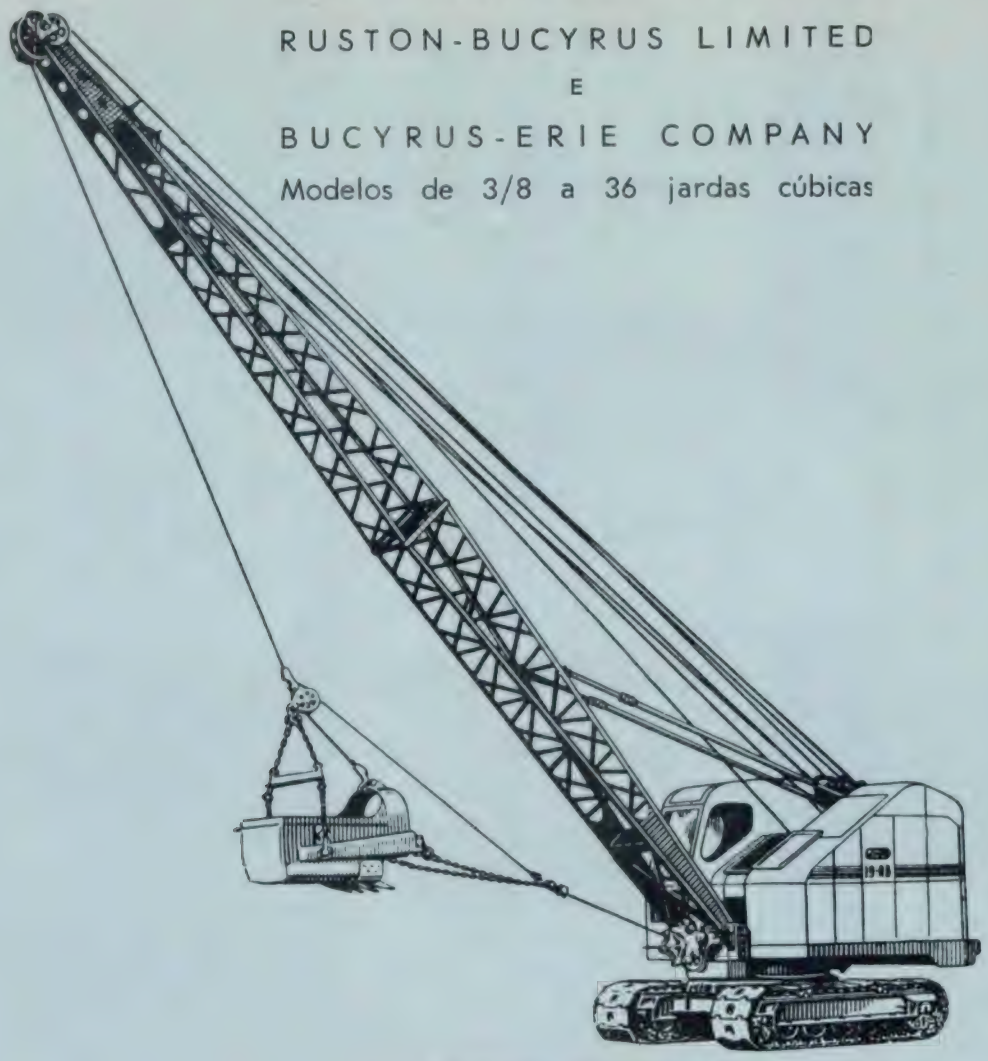
ESCAVADORAS

RUSTON-BUCYRUS LIMITED

E

BUCYRUS-ERIE COMPANY

Modelos de 3/8 a 36 jardas cúbicas



Escavadoras modelo 19 RB,

As escavadoras RUSTON-BUCYRUS e BUCYRUS-ERIE são as mais conhecidas mundialmente e as mais utilizadas em todo o território português

Stock permanente de peças sobresselentes ★ Oficina de reparações
Técnicos e mecânicos especializados ★ Ensino e treino de operadores

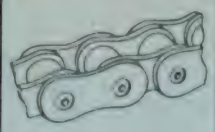
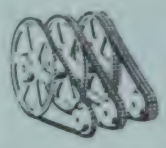
Representantes exclusivos para Portugal Continental e Angola

MONTEIRO GOMES, LIMITADA

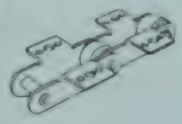
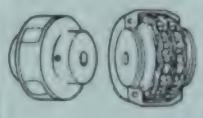
RUA CASCAIS, 47 (ALCÂNTARA) ★ **LISBOA**

LISBOA LUANDA

Mais de 1000 produtos fabricados pela

	**166**	CORRENTES DE TRANSMISSÃO de ¼" a 5" de passo, de acordo com as normas BS, DIN, AFNOR, ASA e API.
	**338**	SÉRIES DE TRANSMISSÕES POR CORRENTE EM DEPÓSITO até 430 CV e relações de velocidades de 1:1 a 8,82:1. (Transmissões até 4.250 CV podem ser fornecidas em qualquer relação de velocidades).
	565	CARRETES E RODAS EM DEPÓSITO Para correntes fabricadas segundo as normas BS e incluindo rodas de disco intermutáveis com adaptadores fixos e de fricção.

RENOLD o maior fabricante do mundo de correntes de precisão

	**162**	CORRENTES TRANSPORTADORAS NORMAIS Com adaptações apropriadas para todos os fins. Compreende uma gama de 12 cargas de rotura desde 1.360 a 38.500 Kg.
	316	RODAS TRANSPORTADORAS NORMAIS Para utilização com a gama de correntes transportadoras.
	**33**	ACOPLAMENTOS Por Corrente, Cruzeta de borracha e Disco compreendendo uma gama até 2.500 CV.

RENOLD

RENOLD CHAINS LIMITED

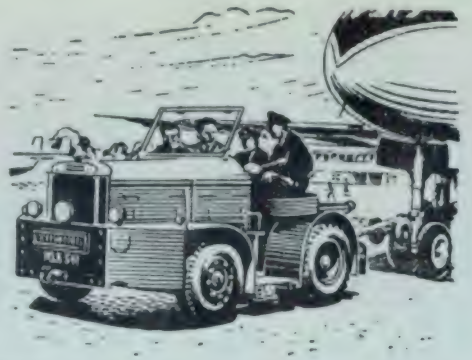
MANCHESTER · INGLATERRA

Para informações ou entregas escreva, visite ou telefone:

HARKER, SUMNER & CA. LDA.

38, Rua de Ceuta, 48
PORTO
Telef. 27054 (4 linhas)

14, Largo do Corpo Santo, 18
LISBOA-2
Telef. 324823-35124



MERCURY

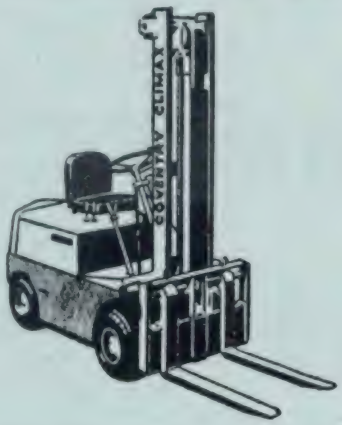
TRACTORES INDUSTRIAIS

Capacidades de reboque
até 300 Ton

COLES

GUINDASTES MÓVEIS

Capacidades até 100 Ton



Coventry Climax

EMPILHADORES

GAS ELÉCTRICOS DIESEL GASOLINA

Capacidades até 4 toneladas

BOSS

EMPILHADORES

GÁS DIESEL GASOLINA

Capacidades até 40 Ton

GUEDES & ALMEIDA, LDA.
R. Áurea, 181-2.º — Tel. 32 78 45
LISBOA 2

Instron resolve os seus problemas

Os aparelhos de teste universais Instron desempenham um papel importante na criação de equipamentos de teste sensíveis, precisos e de confiança, que são necessários para pesquisas das propriedades fundamentais de materiais. Os aparelhos Instron estão sendo usados em todo o mundo para investigações complexas, incluindo o estudo dos efeitos de deslocamento em cristais simples, reologia de altos polímeros, comportamento de metais e cerâmicas refractárias em altas temperaturas, comportamento de filmes em ambientes criogénicos, características de materiais compostos e sistemas de materiais, e muitos outros assuntos de importância vital para o desenvolvimento e aplicação de novos materiais. O sistema Instron, que dispõe de dois modelos básicos e de uma gama extensa e continuamente crescente de acessórios, oferece uma flexibilidade única para aplicações em pesquisas, aperfeiçoamento e produção. Garras de tracção servo-operadas aplicam cargas de 2 gramas a 5 toneladas, a velocidades de entre 0,00508 e 508 mm/min. Os aparelhos de teste fornecem dados em forma de gráficos ou em fita perfurada para uso directo em calculadoras electrónicas. Teremos o maior prazer em fornecer uma colecção de estudos feitos pela Instron sobre técnicas de teste modernas e fora de comum. Para mais detalhes, queira escrever-nos.

Extensómetro Óptico

Câmara Ambiental

Integrador Automático

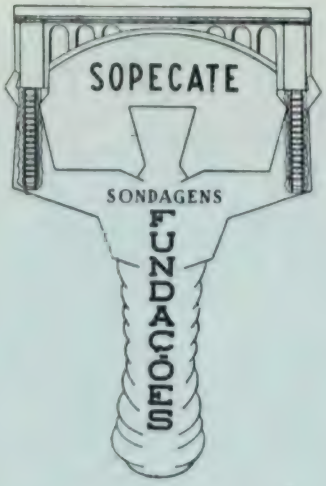
Garras para Fibra tipo 2A

INSTRON

Dá-lo conhecer os seus materiais

Instron Ltd., Halifax Road, High Wycomb, Bucks., Inglaterra – Telef.: High Wycombe 1616

IEA EXHIBITION, OLYMPIA - LONDRES 23-28 MAIO 1966, STAND E907



SOPECATE

SONDAGENS
FUNDAÇÕES

Escritório — R. DO ARSENAL, 146, 2.º Esq., Dt.º e Fr.te
Estaleiro e Oficina — RUA PEREIRA HENRIQUES, 58

TELEFONES
SERVIÇOS ADMINISTRATIVOS 34010
SERVIÇOS TÉCNICOS 320208
ESTALEIRO E OFICINAS 381238

LISBOA

Só
Araldite - o ligante mais forte que se conhece

Liga para sempre
Aço
Metais
Vidro
Borracha
Cerâmica
Plásticos
(não maleável)
e todo o material de uso corrente

★ Indispensável em casa e na oficina, **ARALDITE**, o ligante do engenheiro, usado na aviação a jacto.

★ Liga materiais da mesma natureza e de natureza diferente.

Resiste a
Calor
Humidade
Solventes
Ácidos

A VENDA NAS DROGARIAS E PAPELARIAS

LISTA CLASSIFICADA DE ANÚNCIOS

Neste número continua a «Técnica» a sua secção de publicidade — a *lista classificada de anúncios* — destinada a facilitar a procura por parte dos clientes.

Estas páginas amarelas ficam abertas aos nossos leitores, que nelas podem anunciar a sua firma e endereço, ao preço de 50$00 por número. Quanto aos nossos anunciantes, é com muito gosto que lhes concedemos grátis a inscrição na lista.

CONSTRUÇÃO CIVIL

CONSTRUTORES CIVIS

— **Construções Técnicas, Lda.**
P. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **CORUL — Construções e Reparações Urbanas, Lda.**
R. Conde Sabugosa, 4, 5.º esq.
Tel. 76 02 11 — Lisboa.

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12.

— **Soc. Const. Amadeu Gaudencio, Ld.ª**
R. Dr. Alexandre Braga, 4-A — Lisboa
Telef. 4 31 91 — 92 — 93.

— **Soc. de Pré-Fabricação e Obras Gerais Novobra**
Av. Estados Unidos da América, 100-5.º D
— Telef. 77 48 32 / 76 64 46 — Lisboa 5

ESCAVADORAS

— **Guedes & Almeida**
R. de S. Nicolau, 71-4.º — Tel. 2 50 80 — Lisboa.

— **S. T. E. T. — Soc. Técnica de Equipamentos e Tractores, Ld.ª**
Prior Velho — Sacavém — Tel. 2 51 00 01/4.

— **Monteiro Gomes, Ld.ª**
Rua Cascais, 47 (Alcântara).

FUNDAÇÕES

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Pr. da Figueira, 18, 3.º — Lisboa — Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcantara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 32 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12.

— **Johann Keller**
R. dos Bem Lembrados - Cascais — Tel. 28 01 46

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 62 — 73 35 45.

— **Sondagens Ródio**
Rua de S. Bento, 644-3.º — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 146, 2. — Lisboa.

IMPERMEABILIZAÇAO

— **Anselmo de Matos**
Av. Almirante de Reis, 179, r/c — Lisboa 1 — Telef. 4 64 39.

— **Empresa de Produtos Asfálticos**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56.

— **Melitol**
Rua de S. Nicolau, 41, 3.º — Lisboa.

INSTRUMENTOS DE PRECISÃO

— **Wild Portugal, Ld.ª**
Praça das Águas Livres, 8, s/l 6 — Lisboa 2 — Tel. 68 11 27.

ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

— **RENOR — Renoluz**
R. D. Estefânia, 155-C — Tel. 53 77 57 - 23 57 49
Lisboa.

— **SETH, Ld.ª**
R. Filipe Folque, 10-1.º — Lisboa — Tel. 73 01 56

MOBILIÁRIO

— **Fábrica Portugal**
R. Febo Moniz

SONDAGENS

— **Construções Técnicas, Lda.**
Pr. do Município, 13-3.º — Tel. 36 65 06

— **Empresa de Sondagens e Fundações Teixeira Duarte, Ld.ª**
Praça da Figueira, 18- 3.º D. - Lisboa
Tel. 36 27 95.

— **Empresa Ultramarina de Sondagens e Fundações**
R. S. Pedro de Alcântara, 1 — Tel. 32 46 93 e 21 13 56 — Lisboa — Luanda — Lourenço Marques — Beira.

— **Fundações Franki**
R. Braamcamp, 13-3.º — Lisboa — Tel. 73 41 12

— **Johann Keller**
R. dos Bem Lembrados - Cascais — Tel. 28 01 46

— **Sondagens e Fundações, A. Cavaco, Lda.**
R. Rodrigo da Fonseca, 62-r/c — Lisboa 1
Tel. 55 38 73 — 5 95 67 — 73 35 45.

— **Sondagens Ródio, Ld.ª**
Rua de S. Bento, 664-3.ª — Lisboa
Tel. 68 80 96/7/8.

— **Sopecate**
R. do Arsenal, 176,-2.º — Lisboa.

CONSTRUÇÕES METALO-MECANICAS

CONSTRUTORES METALO-MECÂNICOS

— **Companhia União Fabril**
Av. 24 de Julho, 170 — Lisboa 2 — Tel. 67 04 21

— **Construções Metalo-mecânica MAGUE, Ld.ª** — Alverca

— **DEMAG — Soc. Comercial Romar**
Tr. da Galé, 9 — Tel. 63 56 70 — Lisboa.

— **George Fischer, S. A.-Schaffhouse (Suíça)-Soc. Comercial Romar**
R. da Boavista, 81-1.º — Tel. 67 21 61 — Lisboa

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **LISNAVE**
Rocha do Conde de Óbidos — Lisboa

— **Sociedade Industrial Metalúrgica**
R. de S. Tiago, 1

EDIÇÕES TÉCNICAS

— **Revista TECNICA**
Av. Rovisco Pais. — Tel. 77 54 49 — Lisboa

EQUIPAMENTO ELECTRICO

— **ASEA**
Rua de Artilharia Um, 104-4.º Dt. — Lisboa — Tel. 68 90 17/8/9.
R. do Campo Alegre, 144, Porto — Tel. 6 21 06/9

— **Automática Eléctrica**
Av. Infante D. Henrique
Tel. 38 70 71 — Lisboa.

— **EFACEC**
— S. Mamede de Infesta.

— **Electrotécnicos Reunidos**
Avenida João XXI, 64 — Lisboa.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

— **Soc. de Elec. Brown Boveri**
R. Sá da Bandeira, 481-2.º — Tel. 2 34 11 — Porto

— **Sociedade Michäelis de Vasconcelos, Ld. — Oerlikon**
Av. Marquês de Tomar, 94 — Lisboa.
P. da Liberdade, 114 — Porto.

— **Standard Eléctrica**
Av. da Índia — Lisboa.

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA

— **União Eléctrica Portuguesa**
R. Alexandre Herculano, 244 — Porto.
R. Rosa Araújo, 35 — Lisboa.

ELÉCTRODOS

— **Electro-Arco, Ld.ª**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa — Tel. 68 36 49.
R. do Bolhão, 216 — Porto — Tel. 2 12 77.

INSTALAÇÕES

— **Isolux, Lda.**
R. Gonçalves Crespo, 33, 3.º — Lisboa
R. de Sá da Bandeira, 551, 4.º — Porto.

— **Jayme da Costa, Ld.ª**
R. dos Correeiros, 14 — Lisboa — Tel. 32 70 35.
Praça da Batalha, 12 — Porto — Tel. 2 28 12.
Cx. Postal 5174 — Luanda — Tel. 47 43.

INSTRUMENTOS DE MEDIDA

— **Monterroso & C.ª, Ld.ª**
R. do Campo Alegre, 606-1.º
Telef. 6 48 95 — Porto

ISOLAMENTOS

— **Empresa Electro-Cerâmica, S.A.R.L.**
L. Barão de Quintela.

REPARAÇÕES E CONSTRUÇÕES NAVAIS

LISNAVE
Rocha Conde de Óbidos — Lisboa

SOLDADURAS

— **Electro Arco**
R. Silva Carvalho, 239 — Lisboa
R. do Bolhão, 216 — Porto

TELECOMUNICAÇÕES

— **Automática Eléctrica**
Av. Infante D. Henrique
Tel. 38 70 71 — Lisboa

— **Empresa Técnica de Equipamentos Eléctricos, S.A.R.L.**
R. Rodrigo da Fonseca, 110, r/c — Lisboa — Tel. 68 60 72.
R. Sá da Bandeira, 766-1.° E — Porto — Tel. 2 48 18

— **Standard Eléctrica, S.A.R.L.**
Av. da Índia — Lisboa.

EQUIPAMENTO INDUSTRIAL

— **DEMAG — Soc. Comercial Romar**
Trav. da Galé, 9 — Tel. 63 56 70 — Lisboa.

— **Instrom — Instrom, Ld.ª**
Halifax Rood, High Wycomb Bucky — Inglaterra

— **S. T. E. T.—Soc. Técnica de Equipamentos e Tratores, S. A. R. L.**
Prior Velho—Sacavem—Tel. 251c001/4.

BOMBAS

— **CIDEX — Comércio Internacional e Representações Industriais**
Av. Casal Ribeiro, 46-2.°-Tel. 73 53 07-Lisboa 1

— **E K M — Technocommerz GmbH**
108, Berlim, Taubenstrasse, 46.

— **Monterroso & C.ª, Lda.**
R. do Campo Alegre, 606-1.°
Telef. 6 48 95 — Porto

— **Vasco Pessoa, Lda.**
Rua da Boa Vista, 63 — Lisboa 2

CORRENTES

— **Auto Lusitania**
Av. da Liberdade, 73-79 — Lisboa.

— **Harker Summer**
L. Corpo Santo, 18 — Tel. 32 48 23 — Lisboa.

FUNDIÇÃO

— **George Fischer, S. A.-Schaffhous (Suíça)-Soc. Com. Romar.**
R. da Boavista, 81-1.° — Tel. 67 21 61 — Lisboa

MÁQUINAS-FERRAMENTAS

— **Soc. Portuguesa de Válvulas**
R. Academia de Ciências, 5 — Lisboa.
Tel. 3 17 10.

INDÚSTRIAS QUÍMICAS

— **DU PONT — Anjos, Pereira e Comp., Ltd.**
R. D. João V. 7-1.° D.—Tel. 68 41 41 — Lisboa.

— **Quimicor**
R. Sociedade Farmaceutica, 3 — Lisboa.

COLAS

— **Araldite**
— Ciba, Ld.ª

FELTROS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais**
Estrada de S. João — Ovar

LUBRIFICANTES

— **B. P.**
ESSO
— **Mobil Oil**

TÊXTEIS

— **FANAFEL — Fábrica Nacional de Feltros Industriais, Ld.ª**
Estrada de S. João — Ovar.

LIVROS TECNICOS

— **TÉCNICA**

Avenida Rovisco Pais — Lisboa
Tel. 77 54 49

MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

— **RENOR — Renoluz**
R. D. Estefânia, 155-C.
Tels. 53 77 54 - 23 57 49 — Lisboa.

AÇOS ESPECIAIS

— **A. Johnson & C.ª (Portugal), Ld.ª**
P. José Fontana, 11-1.° — Lisboa — Tel. 4 79 64 - 4 79 93 - 4 79 97.
R. Dr. António Granjo, 160/168-Porto-Tel. 5 46 69

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.

— **Companhia Portuguesa de Fornos Electricos**
L. S. Carlos, 4-2.º

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

BETÃO

— **Aguiar e Melo, L.da**
P. do Município, 13-1.º-Dt.º — Tel. 32 11 51/2 — Lisboa.

— **Companhia Portuguesa de Trefilaria**
R. do Instituto Industrial, 18-1.º, Dt.º — Lisboa
Tel. 67 12 24/5.
Lisboa 1

— **Heliaço**
R. S. Julião, 41-4.º — Tel. 36 78 17 — Lisboa.

— **Sociedade Portuguesa CAVAN**
R. de D. Estefânia, 94-A — Lisboa — Tel. 4 78 12 e 5 01 29.

CIMENTOS

— **Aguiar e Melo, L.da**
P. do Município, 13-1.º-Dt.º — Tel. 32 11 51/2 — Lisboa.

— **CIBRA — Cimentos Brancos**
Tv. do Corpo Santo, 15 — Lisboa — Tel. 32 04 64.
R. do Bonjardim, 205 — Porto — Tel. 2 57 79.

— **Empresa de Cimentos de Leiria**
R. Braamcamp, 7 — Lisboa — Tel. 5 91 61/66.

— **Secil**
R. do Comércio, 156 — Lisboa 2 — Tel. 32 82 01/2/3

MATERIAL DE ESCRITÓRIO

— **A. W. Fabel-Castel**
Iberex — Av. D. Carlos I, 132 — Lisboa.
Tel. 66 47 47 — 66 36 56.

Empresa de Sondagens e Fundações

TEIXEIRA DUARTE, L.DA

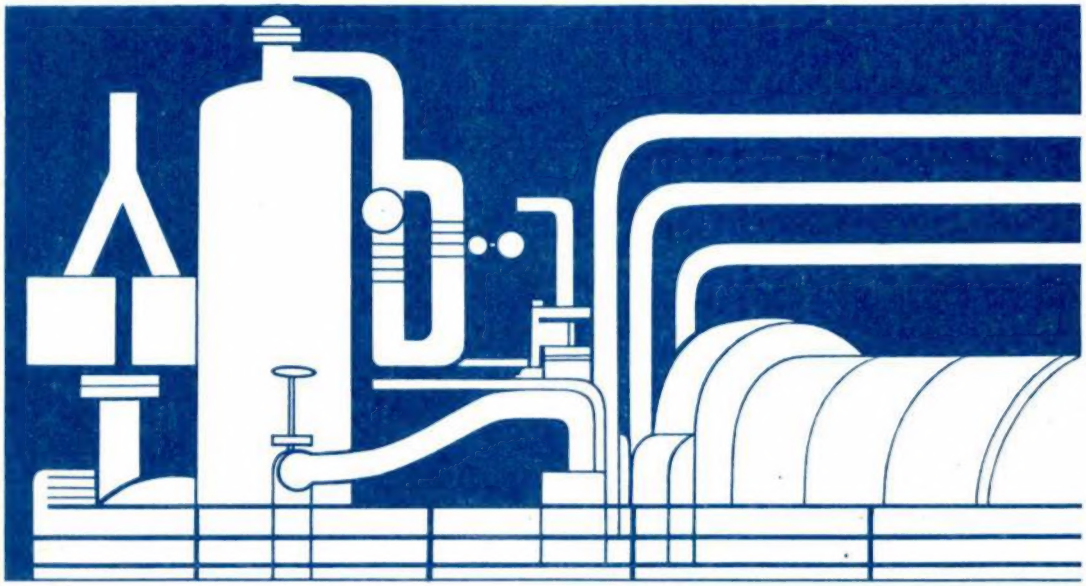
PR. DA FIGUEIRA, 18. 3.º
TELEF. 36 27 95

LISBOA

Offset de

MOBIL AO SERVIÇO DA ECONOMIA

Contribuindo para o Desenvolvimento Industrial do País, a Mobil Oil Portuguesa ocupa um lugar de importância única, comprovada pelos serviços que tem prestado desde a sua fundação - há mais de 60 anos na lubrificação dos maiores empreendimentos da Indústria Nacional.
Por ter sido a primeira Companhia Petrolífera que se estabeleceu em Portugal, a Mobil orgulha-se de ser constantemente preferida para servir a Indústria, desde os grandes complexos fabris até à mais pequena oficina.
Servindo bem a Indústria, a Mobil está na base de um maior rendimento fabril e, portanto, de uma melhor productividade ao serviço da Economia Nacional.



Mobil

ECONOMIA SERVIÇO

M bil Oil